

1999年8月11日皆既日食の予報計算に関する詳細

NASA Reference Publication 1398 より抄訳

(訳)編 集 部

前号、(日食情報 1998年 No. 4)では、各地における皆既日食の見え方の概要と接触時刻の予報計算値を表で掲載しました。より詳しい接触時刻や皆既継続時間の予報値を知るためには、観測地毎に月縁補正を行う必要が有ります。以下は、NASA Reference Publication 1398の予報計算で使われている月半径のパラメータ値、月縁プロフィール、月縁効果が皆既継続時間に及ぼす影響、そして限界線地域での見え方についての解説です。

【月の平均半径】

日食の予報計算で使われる基本的なパラメーターとして、地球の赤道半径を1として月の半径を表した値、 k がある。月の実際の半径は、月縁プロフィールの不規則さのため、位置角と稜動の関数として変化する。1968から1980年を通して、航海暦局 (Nautical Almanac Office) は予報計算に2つの別の k の値を使った。大きい値 ($k=0.2724880$) は平均月縁を表し、すべての半影の接触計算と金環日食の計算に使われた。小さい値 ($k=0.272281$) は最小半径の平均を表し、もっぱら皆既日食 [Explanatory Supplement, 1974] の本影の接触計算に対して使われた。残念ながら、本影食での2つの異なった k 値を使用することは、金環一皆既食の予報計算のケースで不連続をもたらすこととなった。

1982年8月、国際天文学連合 (IAU) 総会は、平均の月の半径に対して $k=0.2725076$ の値を採用した。航海暦局 (Nautical Almanac Office) では現在、この値をすべての日食予報に対して使っている [Fiala と Lukac, 1983]。これは凹凸のある月縁に沿って、山の頂と低い谷の平均値となっており、今のところ最も良い平均半径と言える。 k として1つの値を採用したことは、金環一皆既食のケースでの不連続を排除し、2つの異なる k 値の使用から生じていた混乱を終わらせた。しかし、月の半径の最も良い“平均”値を使用しても、本影食の継続時間、特に皆既食を予報することにおいては問題が残る。皆既食は太陽面が完全に月によって隠される日食と定義することができる。光球の光が月縁に沿ってある深い谷間から見えている限り、皆既食にはなり得ない [Meeus, Grosjean と Vanderleen, 1966]。しかしIAUの平均 k 値を使用した場合、非常に細い金環食や、金環一皆既食を皆既食と誤認してしまうことになる。好事例は1986年10月3日の日食である。IAUの k 値を使った天体暦では、3秒間の皆既食としてしているが、実際にはピーズ金環食であった。従って、幾つかの代表的な深い月の谷から得られる最小半径としての小さい k 値は、我々が見た日食の自然な姿を正しく識別する助けになる。

多くの観測者にとって主要な関心事は、本影食の開始と終了の時刻 (各々、第2接触と第3接

触と呼ぶ)と本影食の継続時間である。1 AUのk値を使ってこれらの時刻を計算すると、月縁に沿って、低い谷(皆既食の場合)、或は高い山(金環食の場合)に適応した補正をしなければならぬ。これらの補正計算は些細なものでは無いが、特に食帯の限界線近くでの観測計画の場合には必ず行わなければならない [Herald、1983]。皆既中心線近くの観測者のためには、月縁に沿った谷を考慮したより小さいk値を使う補正によって、より正確な計算をすることができる。

本稿ではすべての半影の接触到、1 AUが認めた $k=0.2725076$ の値を使っている。日食タイプの誤認を避け、皆既食における実際により近い継続時間を予報するため、標準的な取り決めから外れるが、我々はすべての本影の接触到に対して $k=0.272281$ というより小さい値を採用することにしている。これは *Fifty Year Canon of Solar Eclipses : 1986 - 2035* [Espenak、1987] での予報でも一貫している。従って、より小さいkを使った我々の計算は、1 AU値のkを使った計算と比較すると、皆既食に対してより短い継続時間とより狭い皆既帯になっている。同様に、金環日食の予報では1 AUのkを使うよりも、より長い本影の継続時間とより広い日食帯という結果になる。

(訳注：正確な接触時刻を求めるためには、次章で述べる月縁補正は欠かせない。従って、小さなk値を使ったからと言って接触時刻の計算精度が増すわけでは無いが、食の状況(皆既か否か)を判別するためには、小さいkを使った方が実際の現象に則している、という点に注意されたい。)

【月縁プロフィール】

日食の接触時刻、食分、継続時間はすべて月と太陽の角度で表される直径と相対速度に依存する。残念ながらこれらの計算精度には、月の周辺が完全な円であるという仮定をおくことによる限界がある。月の地表はどちらかと言うと劇的な変化に富む地勢を示す。それは不規則な周辺プロフィールを見れば明らかである。たいていの日食計算は、凹凸の月縁に沿った高い山と低い谷を平均した、ある平均半径を仮定して行われる。このような近似は多くの場合には問題にならない。しかし、より高い精度が必要な時は、実際の月縁プロフィールを考慮しなくてはならない。

幸いに、ワッツの月縁図 [Watts、1963] という大規模な知識の集積が存在する。これらのデータは、月縁に沿った限界地域の写真を調査して得られたものであり、滑らかなリファレンス地表(あるいは基準面)として決められているものに対して高さを与えるようになっている。Van Flandern [1970] と Morrison [1979] による恒星の掩蔽の分析は、ワッツの基準面の平均横断面が円よりもわずかに楕円形であることを明らかにした。さらに、基準面の絶対的な中心(すなわち形状中心)は、月の質量中心からずれている。続く66000の掩蔽を分析することで、Morrison と Appleby [1981] は、基準面の半径が秤動で変化するように見えることに気付いた。これらの変動は若干の位置角において、ワッツのオリジナルの月縁プロフィールによる高さに対し、0.4秒角に達する系統誤差を引き起こしている。

従って、基準面が質量中心を中心とする球であると見なすためには、ワッツの月縁データへの補正が必要になる。ワッツのチャートはイギリスの Herstonceux にある、Her Majesty's Nautical Almanac Office でデジタル化され、そして U. S. Naval Observatory において格子プロフィールにフォーマット変換された。このコンピュータで読める形式のワッツ月縁図はどんな月の秤動に対しても月縁プロフィールを作ることができる。月の質量中心のプロフィールを参照するために、楕円率と秤動補正が適用される。こうして求めたプロフィールは、平均月縁を使ってなされた日食予報を修正するのに使える。

食帯に沿う月の測心秤動 < topocentric libration > (光学的+物理的) は、経度で $l = +5.5^\circ$ から $l = +4.0^\circ$ にまで及び。従って、適切な秤動を考慮した月縁プロフィールは、接触時刻や中心線における継続時間など、あらゆる詳細な分析に必要とされる。しかし、中間的な秤動値のプロフィールを用いても、観測計画立案の目的に役立ち、そして殆どの用途に対してさえ十分と言える。

(訳注：即ち今回の日食では、月縁図を確定する要素の内、 l (月の経度方向の値) が、食の始まりと終わりの間に 1.5° の範囲で変化するため、より正確を記するならば、それぞれの観測場所での l に併せた月縁図を用意すべきであるが、中間的な l 値の月縁図でも、そこそこの精度で補正は出来るということである。尚、高精度補正計算のために各観測地で採用すべき月縁図のための l の値は、Table 6 の「Topo Lib. Long」を参照されたい。)

Figure 20 に示す月縁プロフィールは、質量中心と楕円率の補正を含んでいる [Morrison と Appleby, 1981]。それは 11:00 UT に対してなされた補正で、西ルーマニアでの最大食 < greatest eclipse > 直前の補正值と一致する。月の測心秤動は $l = +4.81^\circ$ である。そして太陽と月の視半径は、それぞれ 946.8 秒角と 973.9 秒角である。月の太陽に対する角速度は秒毎 0.379 秒角である。

Figure 20 (の下部) にある月縁プロフィールの放射目盛りは、真の月縁プロフィールが平均月縁からどのくらい離れているかを容易にわかるように、大いに誇張されている。ワッツのオリジナルデータである形状中心に対する平均月縁 (破線) を、質量中心に対する平均月縁 (実線) と一緒に示す。本稿で公開されているすべての予報は、特に明記されない限り、後者の月縁に基づいて計算されたものであることに注意してほしい。様々な位置角での月の特徴が、月の平均月縁 (質量中心) に沿って記された分度目盛りを使って読み取ることが出来る。第 2 及び第 3 接触の位置角は、月の自転軸の北極から測ったものと、食甚における観測者の天頂から測ったものが、共に明記されている。端に矢印のついた破線は、皆既帯の北および南の限界線上での、月縁上の接触点を示す。月縁プロフィールの左上には、食最大における太陽の測心座標 (赤経 (R. A.)), 赤緯 (Dec.), 半径 (S.D.) と地平視差 (H. P.) がある。対応する月の測心座標は図の右上である。月縁プロフィールの左下には、中心線の 11:00 UT における地理座標 (緯度 (Lat.), 経度 (Long.), 標高 (Elev.)) を、右下にはその位置における 4 つの接触時刻 (C1 ~ C4) を示してある。月縁プロフィールの真下にあるのは、食最大における局地状況 (太陽高度と方位角、

皆既帯幅と中心線上の継続時間)である。皆既帯の北南限界の軸の位置角を表すのはPA (N. Limit)である。そして太陽に対する月の角速度は A. Vel (M : S)である。一番左下には、予報で用いたパラメーターを、また右下には月の測心秤動を示す。

正確な接触時間が必要とされる観測において、月縁プロフィールは平均月縁を使った予報の補正に用いられる。与えられた位置角から最終的に真の接触の瞬間を決めるのは、その近傍の高い山(金環日食)あるいは低い谷(皆既食)の存在である。平均月縁上の接触点における太陽の位置と、実際に最も高い山(金環の場合)あるいは最も低い谷(皆既の場合)に接する位置の時間差が、予報された接触時刻に対する補正值になる。Figure 20の誇張された放射目盛り上では、太陽の縁は、月縁に接触する瞬間に、平均月縁と接せられる周転円カーブとして描くことができ、そして以下に表される h だけ月縁から離れる。

$$h = S(m-1)(1 - \cos [C]) \quad \dots \text{式6}$$

ここに、

h = 平均月縁からの太陽の縁の離角

S = 太陽の視半径

m = 日食の食分

C = 接触点からの角度

Herald [1983] は、位置角の大きな範囲に渡って補正時間を見積もるため、この幾何学を使ったグラフィカルな方法を開発した。

(訳注：即ちこの方法を使えば、接触方向の位置角から離れた場所にある、山や谷の影響を考慮できるということである)

要約すれば、太陽の縁の置換曲線を式 [6] に従って透明シートに作図し、重ね合わせる事ができる。与えられた位置角に対して、太陽の縁の透明シートをその近くで最も低い月縁プロフィールの特徴に接するまで、平均月縁接触点から動径方向に動かす。太陽の縁の平均月縁からの距離 d (秒角) は、下式によって、その時の時刻補正值 D に変換される。

$$\Delta = d v \cos [X - C] \quad \dots \text{式7}$$

Δ = 接触時間 (秒) への補正

d = 平均月縁 (秒角) からの太陽の縁の距離

v = 太陽 (秒角/秒) に対しての月の角速度

X = 接触の中心線位置角

C = 接触点からの角度

この操作はベイリーピースの構成と位置の予報に対しても使うことができる。この計算を位置角の広い範囲に渡って行うことで、接触時刻補正曲線を作図することができる。

月縁データはデジタル形式で利用可能なので、この問題に対する非常に簡単で確実な分析的解決が可能である。幾つもの位置角に対して、第2と第3の接触時刻への補正曲線をコンピュータ

で作図し、Figure20にプロットした。

(訳注： Second Contact Time Correction Curve / Third Contact Time Correction Curve の曲線がこれに相当する)。

この図の中心にある、分度器目盛りを振った円 (Contact Time Correction Scale) は、平均月縁を使って出した仮の接触時刻を表す。この目盛り円と接触補正曲線の間隔は、全ての位置角での平均月縁予報に対する、真の月縁プロフィールを使った時刻補正値を示している。時刻補正値が目盛り円の外側にある場合は平均月縁接触時刻に加算し、内側にある場合は平均月縁接触時刻から減算する。与えられた位置角における時刻補正量は、東西南北4方向に描かれた目盛りのどれかを使って得られる。

(訳注： この補正値は、IAUの採用した平均月半径 $k=0.2725076$ の値を用いた一般的な予報計算に対してでなく、本稿で掲載されている、 $k=0.272281$ というより小さい値を用いた予報計算に対する補正値であることに注意すること)

例えば、Table 17から、次のようなドイツ、ミュンヘンのデータが得られる：

第2接触 = 10 : 37 : 12.3 UT P 2 = 130°

第3接触 = 10 : 39 : 20.1 UT P 3 = 263°

Figure20を使って測定された補正時間 (C2、C3) と、その結果として得られた接触時刻は：

C2 = -3.1秒、第二接触 = 10 : 37 : 12.3 - 3.1秒 = 10 : 37 : 09.2 UT

C3 = -1.7秒、第三接触 = 10 : 39 : 20.1 - 1.7秒 = 10 : 39 : 18.4 UT

0.1秒以内に補正する厳密な計算を行うには、実際の月縁プロフィールを用いなければならない。

(訳注：即ち前に述べた、観測地毎の"適切な秤動を考慮した月縁プロフィール"を用いる必要があるということ)

皆既帯に沿った多くの他の場所と時刻に対応する月縁図は、1999年の皆既日食に関する補足資料を掲載している特別な Web サイトから利用可能である。

< <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/TSE1999/TSE1999.html> >

(訳注：この翻訳を行っている1999年1月10日現在、この Web サイトに複数の月縁図の登録は無い。

しかしながら、1999年8月11日の皆既日食に関する多くのデータが登録されており、一見の価値はある Web サイトである)

【皆既の継続時間に対する月縁効果】

前に論じたように、月の形状中心 (すなわち、ワッツの基準面の幾何学的な中心) は月の質量中心からずれている。好事例が11時00分 UT の幾何学的月縁 (Figure20) で、形状中心が黄緯で -0.28秒角、黄経で +0.38秒角それぞれずれている。このずれは1999年の皆既帯の大部分では随分と特徴的であるが、異なった秤動の位相によって、食の間にもかなり変化する。本稿で述べて

いるほとんどの予報は、月の質量中心を基に計算されているので、形状中心からのずれは皆既継続時間に対し、小さいが重要な影響を与える。

月縁プロフィールの不規則さを組み合わせた総合的な結果としては、皆既継続時間が最大となる場所は、皆既中心線に沿って南側に、ヨーロッパの皆既帯では2-6キロメートル、中東の皆既帯では3-10キロメートルほどシフトする。さらに1999年の日食では、真の月縁を使った計算は、実際には平均月縁を使って計算したものよりも長い皆既継続時間を導き出す。これは皆既帯に沿った多くの場所での、最大継続時間が仮の中心線継続時間より1~3秒長く続くという結果になる。Figure 21は、中心線から30キロ以内における皆既継続時間についての一連の計算を示していて、ヨーロッパ(a)から中東(b)を通る皆既帯に沿って10分間隔の値を示している。与えられた時刻に対し、皆既の継続時間は中心線を真中に置いた幅60キロの区域において、皆既帯に直角に1キロ間隔で計算されている。月の質量中心と平均月縁を使っている予報は破線のカーブ< Mean Limb Profile Prediction >によって示されている。実際の月縁プロフィールを使って接触時刻を補正し、その結果として計算された皆既継続時間の予報は実線のカーブ< True Limb Profile Prediction >で描かれている。Figure 21を見ると、真の月縁で計算した継続時間カーブの非対称性がすぐに分かる。これは皆既帯にあたる場所で見ていると、太陽・月の縁が幾何学的に複雑で素早く変化するためである。可能な限り最大の皆既継続時間での観測を望む観測者が、最適な位置を中心線から求めるために、Figure 21を使うことができる。

【皆既限界線に対する月縁補正：かすめる地域】

本稿で提供する南北の限界線は、月の質量中心と平均の月半径を使って得られたものである。それらは、月の形状中心あるいは月縁プロフィールの効果に対して補正されていない。正確な限界地点が必要とされる場合、これら平均の皆既帯を修正するためワッツの月縁データを使わなくてはならない。残念ながら、月の経度方向の秤動と限界線を決める月縁上の接触点は、皆既帯に沿う時間と位置の関数としてそれぞれ変化するため、個々の限界地点において、ひとつの補正值では補正することは出来ない。つまり、皆既帯に沿ってあるそれぞれの観測地1カ所ごとに、限界地点の補正計算が必要だということになる。さらに、皆既帯の北および南の限界線では、実際には部分食でも皆既食でもない比較的狭い地域が生じる。そこにいる観測者は、月縁と太陽の縁の間の急速な幾何学的変化のために、細長い三日月型の太陽が、明るいピースと連なりと、その形態をす早く変化させる短い節に断片化される様子を目撃するだろう。これらのピース現象は、月の不規則な縁が太陽面のへりをかすめる時、光球の光が交互に深い月の谷を通し、或は高い山の後ろに隠されてることによって起こされる。この幾何学的配置は、月による恒星の接食のケースに類似している。かすり地域< The graze zone >は一般に5~10キロ幅で、その内側と外側の境界は月縁プロフィールを使って予報することができる。外側の境界がかすり日食地域の外の

境界を定めるのに対して、内側の境界は、本影食（皆既と金環共に）の実際の限界を定義する。

Table 6は、真の月縁プロフィールによって決まる皆既帯の限界線に対する測心座標データと補正を与える。表は、月の測心地平視差 $\langle \text{Moon Topo H. P.} \rangle$ 、半径 $\langle \text{Moon Topo S. D.} \rangle$ 、太陽に対する月の相対的な角速度 $\langle \text{Moon Rel. Ang. V} \rangle$ と経度方向の月の種動 $\langle \text{Topo Lib. Long} \rangle$ を、5分間隔でリストアップしている。中心線における太陽高度 $\langle \text{Sun Alt.} \rangle$ と方位角 $\langle \text{Sun Az.} \rangle$ が示され、その次にあるのが本影の方位角 $\langle \text{Path Az.} \rangle$ である。皆既帯の北限界方向の位置角 $\langle \text{North Limit P. A.} \rangle$ は、月縁上で北から逆時計回り（すなわち、東方）に測る。かすり地域を定義する、皆既帯の北と南の限界 $\langle \text{North Limit, South Limit} \rangle$ への補正が、内側 $\langle \text{Int.} \rangle$ と外側 $\langle \text{Ext.} \rangle$ の要素として記載されている。負の補正が南を意味するのに対し、正の補正は北の意味である。これらの補正（黄緯での角度の分）は、Table 3でリストアップされた皆既帯の座標に直接加えてよい。月縁プロフィールによる中心線での継続時間の補正 $\langle \text{Central Durat. Cor.} \rangle$ も、同じく含まれていて、それらはたいてい正である。従って、Table 3、4、5、7、で与えられた中心線での継続時間に補正値を付け加えた時、わずかに長い皆既が予報される。

皆既帯の全ての地域で南北それぞれの限界において、かすり日食が起こる地域の詳細な座標は、Table 8で与えられる。ワッツのデータの不正確さにより、これらの予報精度は ± 0.3 秒角である。内側のかすり座標は、限界線で第2接触と第3接触を同時に引き起こす、月縁上の最も深い谷を考慮に入れている。従って、内側の座標は皆既帯の真の端を定義している。それらは、食甚の接触点に対して対称となるように月縁の $\pm 30^\circ$ の部分にわたって、光球のピースが見えないような位置として、限界線を求めるアルゴリズムから計算される。外側のかすり座標は、食甚時に 60° の範囲で途切れていない三日月型の光球が見える測地位置を計算し、多少恣意的に定義されている。

Table 8では、かすり地域の緯度を、経度（平均海面において）で1度ごとにリストアップしている。そして皆既帯の方位角と同様、南北限界線における食甚の時刻も示している。海面より上にある皆既帯を補正するための標高係数 $\langle \text{Elev Fact} \rangle$ （注8）は、それぞれ場所の海拔標高（高さ）によって、皆既帯を帯に対して直角（すなわち、皆既帯方位角に直角である）方向に北にずらす乗算因子である。ずれを計算するためには、位置の標高と標高係数の値を乗算する。負の値（通常北半球での食のケース）は、皆既帯が南にずれることを示す。例えば、もし自分の標高が海拔1000mであり、そして標高係数値が0.20であるなら、ずれは200m（ $=1000\text{m} \times 0.20$ ）となる。従って、観測者は皆既帯座標を皆既帯に垂直な方位角に200mずらさなくてはならない。負の値なら南へである。

Table 8の最後の欄は、尺度因子 $\langle \text{Scale Fact} \rangle$ （km/秒角）を示している。この尺度因子は、月の測心距離と地表への月の影の幾何学的投影によって規定される、かすり現象が起こる地

域の幅の目安を与えてくれる。太陽の彩層はおよそ3秒角の明白な厚さを持っていて、2 km/秒角の尺度因子値を推定した場合、皆既帯の南北それぞれの内側限界線から6 km (=2×3) 以内にいるどんな観測者に対してでも、彩層は皆既中、連続的に見えるはずである。しかしながら、最もダイナミックなビーズ現象は月縁の1.5秒角の中で起こる。上記の尺度因子を使うと、これは内側限界線の内側に3 km入ることを意味する。けれども、ワッツのデータの小さな不正確さを考慮して実際の限界線の内側にいることを保証するなら、観測者が内側限界（北内側限界の南、あるいは南内側限界の北）の少なくともさらに1キロ内側にいなくてはならない。

かすり日食の地域が、経度間隔においてより高い頻度で必要とされる用途のため、経度で7.5分ごとの座標の表が、特別な Web サイトによって1999年8月11日の皆既の日食のために利用可能である。

< <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/TSE1999/TSE1999.html> >

(訳注：この翻訳を行っている1999年1月10日現在、この Web サイトに該当する表の登録は無い。)

注8 Aが太陽の高度、Dが太陽の方位角と限界線の方位角の間の差である時、 $\tan(90 - A) \times \sin(D)$ の積の記号は、もし皆既帯が海面より上の標高で北にずれる場合であったなら、正になる。

Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 20: THE LUNAR LIMB PROFILE AT 11:00 UT

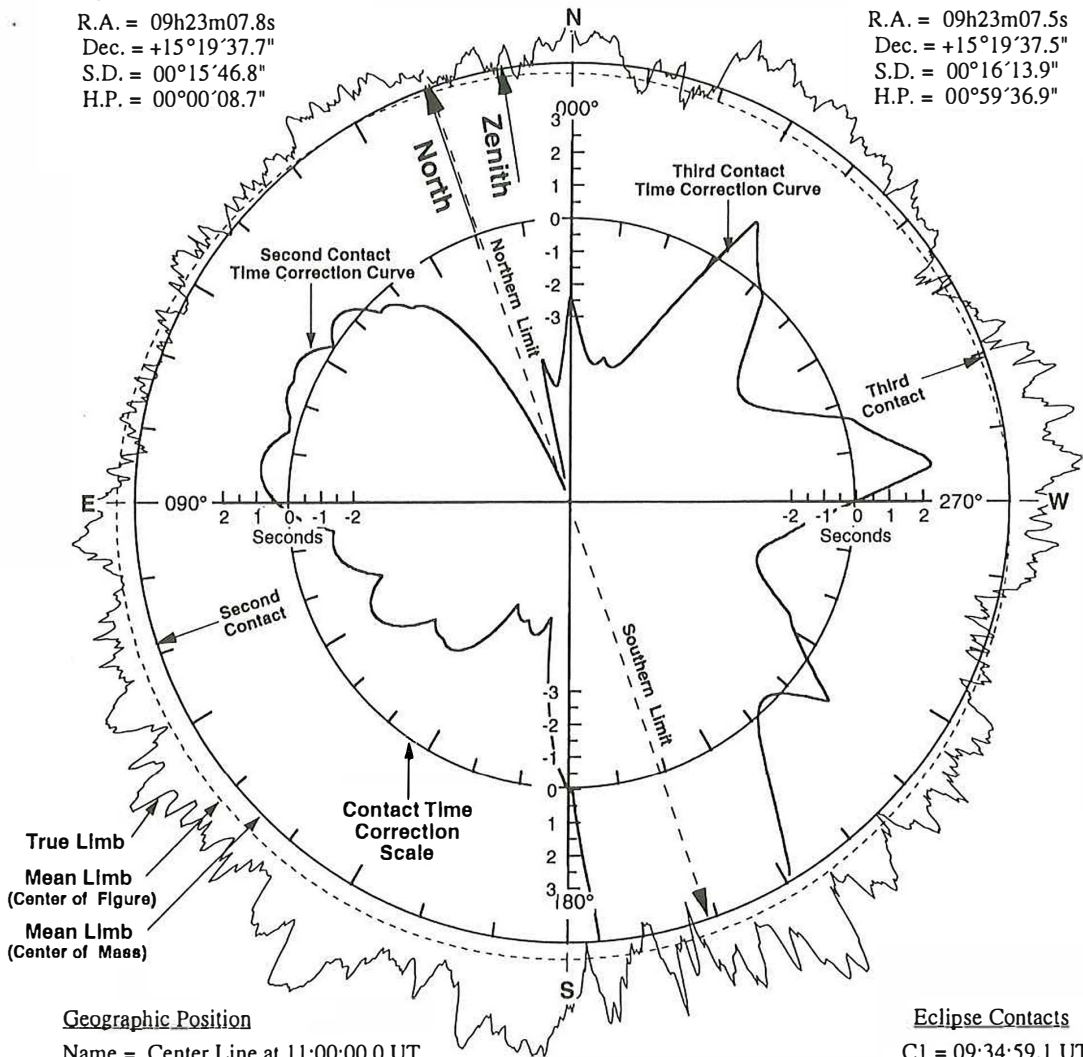
Maximum Eclipse = 11:00:00.0 UT

Sun at Maximum Eclipse
(Topocentric Coordinates)

R.A. = 09h23m07.8s
Dec. = +15°19'37.7"
S.D. = 00°15'46.8"
H.P. = 00°00'08.7"

Moon at Maximum Eclipse
(Topocentric Coordinates)

R.A. = 09h23m07.5s
Dec. = +15°19'37.5"
S.D. = 00°16'13.9"
H.P. = 00°59'36.9"



Geographic Position

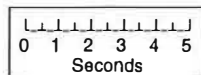
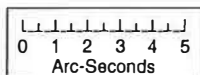
Name = Center Line at 11:00:00.0 UT
Lat. = 45°32'35.8"N
Long. = 022°50'37.1"E
Elev. = 0.0 m

Ephemeris & Constants

Eph. = DE200/LE200
 $\Delta T = 64.6$ s
 $k1 = 0.2725076$
 $k2 = 0.2722810$
 $\Delta b = 0.00''$ $\Delta l = 0.00''$

Local Circumstances at Maximum Eclipse

Sun Alt. = 59.3° Path Width = 112.1 km
Sun Azm. = 192.4° Duration = 02m22.9s
PA(N.Limit) = 18.9° A.Vel. (M:S) = 0.379"/s



F. Espenak, NASA/GSFC - 1996 May 28

Eclipse Contacts

C1 = 09:34:59.1 UT
C2 = 10:58:48.5 UT
C3 = 11:01:11.4 UT
C4 = 12:22:23.6 UT
 $\Delta C2 = -2.1s$ $\Delta C3 = -0.6s$

Topocentric Libration
(Optical + Physical)

$l = 4.81^\circ$
 $b = -0.18^\circ$
 $c = 19.46^\circ$

cor.C2 = 10:58:46.3 UT (-2.1s)

cor.C3 = 11:01:10.8 UT (-0.6s)

Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 21: LIMB PROFILE EFFECTS ON THE DURATION OF TOTALITY

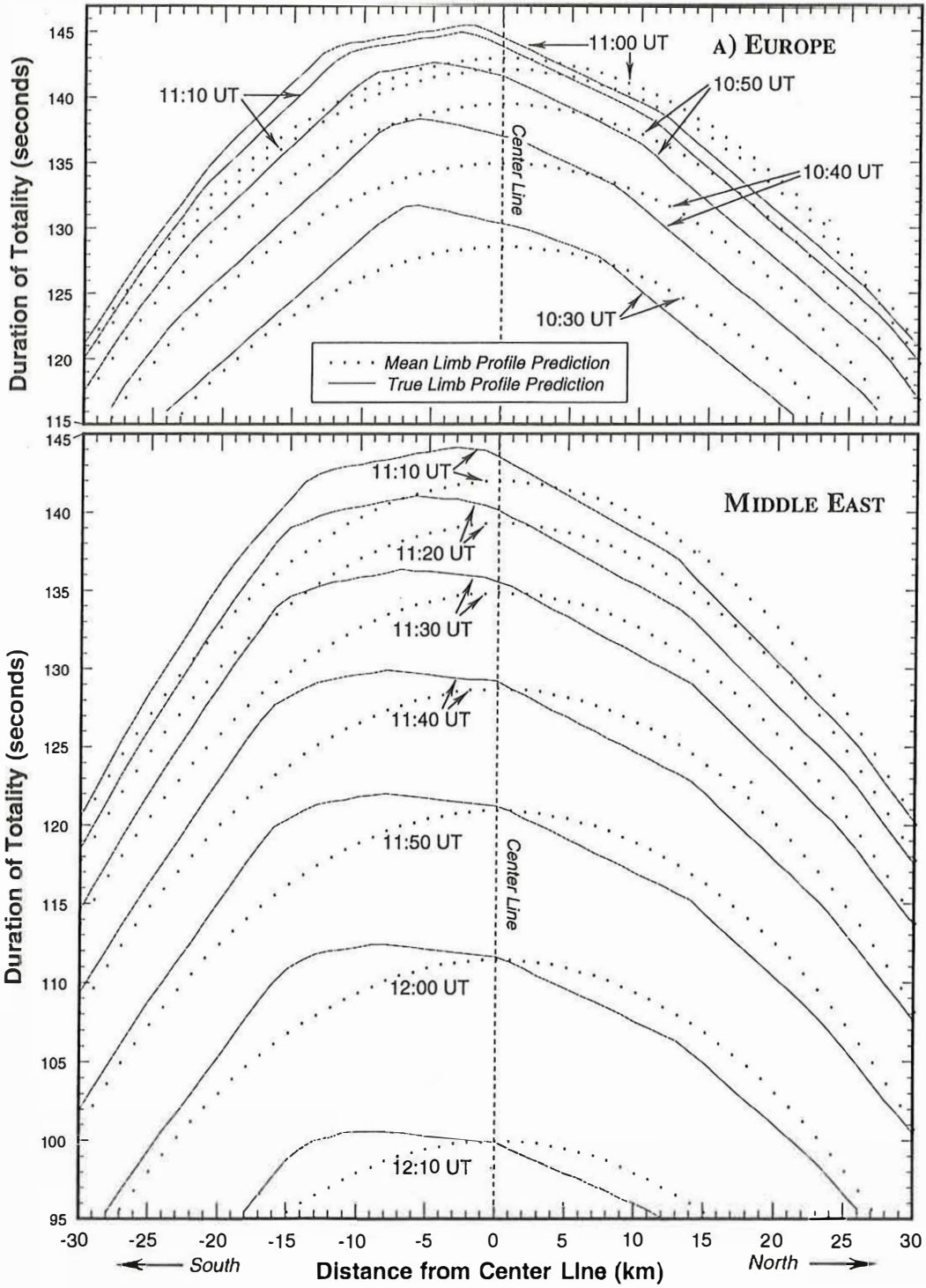


TABLE 1

ELEMENTS OF THE TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

Geocentric Conjunction 10:52:16.66 TDT J.D. = 2451401.952971
of Sun & Moon in R.A.: (=10:51:12.06 UT)

Instant of 11:04:09.01 TDT J.D. = 2451401.961215
Greatest Eclipse: (=11:03:04.41 UT)

Geocentric Coordinates of Sun & Moon at Greatest Eclipse (DE200/LE200):

<u>Sun:</u>	R.A. = 09h23m08.297s	<u>Moon:</u>	R.A. = 09h23m34.531s
	Dec. = +15°19'39.72"		Dec. = +15°48'38.51"
Semi-Diameter =	15'46.77"	Semi-Diameter =	16'00.34"
Eq.Hor.Par. =	8.68"	Eq.Hor.Par. =	0°58'44.24"
Δ R.A. =	9.467s/h	Δ R.A. =	142.037s/h
Δ Dec. =	-44.35"/h	Δ Dec. =	-462.21"/h

Lunar Radius k1 = 0.2725076 (Penumbra) Shift in Δb = 0.00"
Constants: k2 = 0.2722810 (Umbra) Lunar Position: Δl = 0.00"

Geocentric Libration: l = 4.8° Brown Lun. No. = 1232
(Optical + Physical) b = -0.8° Saros Series = 145 (21/77)
c = 19.7° Ephemeris = (DE200/LE200)

Eclipse Magnitude = 1.02859 Gamma = 0.50623 ΔT = 64.6 s

Polynomial Besselian Elements for: 1999 Aug 11 11:00:00.0 TDT (=t₀)

n	x	y	d	l ₁	l ₂	μ
0	0.0700559	0.5028388	15.3273401	0.5424893	-0.0036496	343.690308
1	0.5443045	-0.1184931	-0.0120348	0.0001168	0.0001163	15.002983
2	-0.0000406	-0.0001158	-0.0000033	-0.0000117	-0.0000116	0.000002
3	-0.0000081	0.0000017	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000

Tan f₁ = 0.0046129 Tan f₂ = 0.0045900

At time 't₁' (decimal hours), each Besselian element is evaluated by:

$$a = a_0 + a_1*t + a_2*t^2 + a_3*t^3 \quad (\text{or } a = \sum [a_n*t^n]; n = 0 \text{ to } 3)$$

where: a = x, y, d, l₁, l₂, or μ
t = t₁ - t₀ (decimal hours) and t₀ = 11.000 TDT

The Besselian elements were derived from a least-squares fit to elements calculated at five separate times over a six hour period centered at t₀. Thus the Besselian elements are valid over the period 8.00 ≤ t₀ ≤ 14.00 TDT.

Saros Series 145: Member 21 of 77 eclipses in series.

TABLE 2
SHADOW CONTACTS AND CIRCUMSTANCES
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

$$\Delta T = 64.6 \text{ s}$$

$$= 000^{\circ}16'09.6''\text{E}$$

		Terrestrial Dynamical Time h m s	Latitude	Ephemeris Longitude†	True Longitude*
External/Internal Contacts of Penumbra:	P1	08:27:18.9	30°20.1'N	044°45.6'W	044°29.4'W
	P4	13:41:10.2	06°38.3'N	067°50.0'E	068°06.2'E
Extreme South Limits of Penumbral Path:	S1	09:09:07.2	10°07.7'N	048°46.6'W	048°30.4'W
	S2	12:59:11.4	13°43.1'S	072°40.6'E	072°56.8'E
External/Internal Contacts of Umbra:	U1	09:30:56.5	40°54.7'N	065°10.7'W	064°54.5'W
	U2	09:31:54.3	41°09.4'N	065°32.4'W	065°16.2'W
	U3	12:36:35.4	17°40.4'N	087°09.6'E	087°25.8'E
	U4	12:37:27.8	17°26.7'N	086°52.4'E	087°08.6'E
Extreme North/South Limits of Umbral Path:	N1	09:31:42.6	41°16.4'N	065°33.0'W	065°16.8'W
	S1	09:31:08.3	40°47.7'N	065°10.2'W	064°54.0'W
	N2	12:36:46.0	17°46.9'N	087°09.0'E	087°25.2'E
	S2	12:37:17.0	17°20.1'N	086°53.1'E	087°09.3'E
Extreme Limits of Center Line:	C1	09:31:25.4	41°02.0'N	065°21.5'W	065°05.4'W
	C2	12:37:01.6	17°33.5'N	087°01.0'E	087°17.2'E
Instant of Greatest Eclipse:	G0	11:04:09.0	45°04.5'N	024°01.8'E	024°18.0'E
Circumstances at Greatest Eclipse:	Sun's Altitude = 59.3°		Path Width = 112.3 km		
	Sun's Azimuth = 196.7°		Central Duration = 02m22.9s		

† Ephemeris Longitude is the terrestrial dynamical longitude assuming a uniformly rotating Earth.

* True Longitude is calculated by correcting the Ephemeris Longitude for the non-uniform rotation of Earth.

$$(\text{T.L.} = \text{E.L.} - 1.002738 \cdot \Delta T / 240, \text{ where } \Delta T (\text{in seconds}) = \text{TDT} - \text{UT})$$

Note: Longitude is measured positive to the East.

Since ΔT is not known in advance, the value used in the predictions is an extrapolation based on pre-1997 measurements. Nevertheless, the actual value is expected to fall within ± 0.3 seconds of the estimated ΔT used here.

TABLE 3

**PATH OF THE UMBRAL SHADOW
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11**

Universal Time	<u>Northern Limit</u>		<u>Southern Limit</u>		<u>Center Line</u>		Sun Path Alt °	Width km	Central Durat.
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude			
Limits	41° 16.4' N	065° 16.8' W	40° 47.7' N	064° 54.0' W	41° 02.0' N	065° 05.4' W	0	61	00m46.5s
09:35	46° 08.0' N	046° 39.6' W	45° 48.4' N	044° 45.1' W	45° 58.6' N	045° 41.4' W	16	79	01m09.1s
09:40	47° 57.4' N	037° 45.4' W	47° 25.2' N	036° 16.6' W	47° 41.6' N	037° 00.3' W	22	86	01m20.4s
09:45	49° 04.2' N	030° 56.5' W	48° 24.6' N	029° 42.0' W	48° 44.6' N	030° 18.7' W	28	91	01m29.4s
09:50	49° 48.1' N	025° 09.5' W	49° 03.2' N	024° 06.1' W	49° 25.8' N	024° 37.3' W	32	94	01m37.0s
09:55	50° 16.4' N	020° 01.7' W	49° 27.5' N	019° 08.1' W	49° 52.0' N	019° 34.4' W	36	97	01m43.8s
10:00	50° 32.9' N	015° 22.0' W	49° 40.9' N	014° 37.4' W	50° 07.0' N	014° 59.3' W	39	100	01m49.9s
10:05	50° 40.1' N	011° 04.0' W	49° 45.6' N	010° 27.9' W	50° 12.9' N	010° 45.6' W	42	102	01m55.4s
10:10	50° 39.4' N	007° 03.7' W	49° 43.0' N	006° 35.7' W	50° 11.3' N	006° 49.4' W	45	103	02m00.3s
10:15	50° 32.0' N	003° 18.4' W	49° 34.2' N	002° 58.2' W	50° 03.1' N	003° 08.0' W	47	105	02m04.7s
10:20	50° 18.8' N	000° 13.9' E	49° 20.0' N	000° 26.8' E	49° 49.4' N	000° 20.6' E	50	106	02m08.6s
10:25	50° 00.3' N	003° 34.8' E	49° 00.9' N	003° 40.8' E	49° 30.6' N	003° 37.9' E	52	107	02m12.1s
10:30	49° 37.1' N	006° 45.4' E	48° 37.5' N	006° 44.9' E	49° 07.3' N	006° 45.3' E	53	108	02m15.0s
10:35	49° 09.8' N	009° 46.9' E	48° 10.1' N	009° 40.3' E	48° 39.9' N	009° 43.7' E	55	109	02m17.5s
10:40	48° 38.6' N	012° 40.2' E	47° 39.1' N	012° 27.9' E	48° 08.9' N	012° 34.1' E	56	110	02m19.5s
10:45	48° 03.9' N	015° 26.0' E	47° 04.9' N	015° 08.4' E	47° 34.4' N	015° 17.2' E	58	111	02m21.1s
10:50	47° 25.9' N	018° 05.1' E	46° 27.5' N	017° 42.7' E	46° 56.7' N	017° 53.9' E	58	111	02m22.2s
10:55	46° 44.8' N	020° 38.3' E	45° 47.3' N	020° 11.5' E	46° 16.1' N	020° 24.8' E	59	112	02m22.8s
11:00	46° 00.9' N	023° 06.2' E	45° 04.3' N	022° 35.3' E	45° 32.6' N	022° 50.6' E	59	112	02m23.0s
11:05	45° 14.2' N	025° 29.4' E	44° 18.7' N	024° 54.8' E	44° 46.5' N	025° 12.0' E	59	112	02m22.7s
11:10	44° 24.8' N	027° 48.7' E	43° 30.6' N	027° 10.7' E	43° 57.8' N	027° 29.6' E	59	112	02m22.0s
11:15	43° 32.9' N	030° 04.6' E	42° 40.1' N	029° 23.6' E	43° 06.5' N	029° 44.0' E	59	113	02m20.9s
11:20	42° 38.5' N	032° 17.9' E	41° 47.1' N	031° 34.2' E	42° 12.9' N	031° 55.9' E	58	112	02m19.3s
11:25	41° 41.6' N	034° 29.3' E	40° 51.7' N	033° 43.1' E	41° 16.7' N	034° 06.0' E	57	112	02m17.3s
11:30	40° 42.2' N	036° 39.4' E	39° 53.9' N	035° 51.1' E	40° 18.1' N	036° 15.1' E	55	112	02m14.9s
11:35	39° 40.2' N	038° 49.2' E	38° 53.6' N	037° 58.8' E	39° 17.0' N	038° 23.8' E	54	111	02m12.0s
11:40	38° 35.5' N	040° 59.4' E	37° 50.7' N	040° 07.3' E	38° 13.2' N	040° 33.2' E	52	111	02m08.8s
11:45	37° 28.0' N	043° 11.2' E	36° 45.1' N	042° 17.4' E	37° 06.6' N	042° 44.1' E	50	110	02m05.1s
11:50	36° 17.4' N	045° 25.7' E	35° 36.4' N	044° 30.3' E	35° 57.0' N	044° 57.8' E	48	109	02m01.0s
11:55	35° 03.4' N	047° 44.3' E	34° 24.5' N	046° 47.5' E	34° 44.0' N	047° 15.7' E	46	107	01m56.5s
12:00	33° 45.5' N	050° 08.9' E	33° 08.9' N	049° 10.7' E	33° 27.3' N	049° 39.6' E	43	105	01m51.5s
12:05	32° 23.2' N	052° 41.9' E	31° 49.0' N	051° 42.3' E	32° 06.2' N	052° 11.9' E	40	103	01m46.0s
12:10	30° 55.5' N	055° 26.7' E	30° 24.0' N	054° 25.4' E	30° 39.9' N	054° 55.9' E	37	100	01m40.0s
12:15	29° 21.0' N	058° 28.3' E	28° 52.4' N	057° 25.1' E	29° 06.9' N	057° 56.5' E	33	97	01m33.4s
12:20	27° 37.3' N	061° 55.1' E	27° 12.2' N	060° 49.0' E	27° 24.9' N	061° 21.8' E	29	93	01m26.1s
12:25	25° 39.8' N	066° 02.6' E	25° 19.3' N	064° 51.8' E	25° 29.7' N	065° 27.0' E	24	87	01m17.7s
12:30	23° 17.4' N	071° 29.4' E	23° 03.9' N	070° 08.0' E	23° 10.9' N	070° 48.3' E	18	79	01m07.4s
12:35	19° 31.1' N	081° 43.2' E	19° 42.9' N	079° 13.7' E	19° 38.5' N	080° 24.0' E	7	65	00m51.6s
Limits	17° 46.9' N	087° 25.2' E	17° 20.1' N	087° 09.3' E	17° 33.5' N	087° 17.2' E	0	55	00m42.3s

TABLE 4

**PHYSICAL EPHEMERIS OF THE UMBRAL SHADOW
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11**

Universal Time	Center Line		Diameter Ratio	Eclipse Obscur.	Sun Alt °	Sun Azim °	Path Width km	Major Axis km	Minor Axis km	Umбра Veloc. km/s	Central Durat.
	Latitude	Longitude									
09:30.3	41°02.0'N	065°05.4'W	1.0143	1.0287	0.0	69.5	60.8	-	49.0	-	00m46.5s
09:35	45°58.6'N	045°41.4'W	1.0189	1.0382	15.6	83.9	78.9	241.0	64.6	2.856	01m09.1s
09:40	47°41.6'N	037°00.3'W	1.0208	1.0421	22.5	91.6	85.8	186.4	71.1	1.922	01m20.4s
09:45	48°44.6'N	030°18.7'W	1.0222	1.0449	27.6	98.3	90.5	163.4	75.7	1.531	01m29.4s
09:50	49°25.8'N	024°37.3'W	1.0233	1.0472	32.0	104.4	94.1	150.2	79.4	1.305	01m37.0s
09:55	49°52.0'N	019°34.4'W	1.0243	1.0491	35.7	110.3	97.1	141.3	82.5	1.156	01m43.8s
10:00	50°07.0'N	014°59.3'W	1.0250	1.0507	39.1	116.1	99.5	135.0	85.0	1.049	01m49.9s
10:05	50°12.9'N	010°45.6'W	1.0257	1.0520	42.1	121.8	101.6	130.2	87.3	0.969	01m55.4s
10:10	50°11.3'N	006°49.4'W	1.0263	1.0532	44.8	127.6	103.3	126.4	89.1	0.906	02m00.3s
10:15	50°03.1'N	003°08.0'W	1.0268	1.0542	47.3	133.4	104.9	123.4	90.8	0.857	02m04.7s
10:20	49°49.4'N	000°20.6'E	1.0272	1.0551	49.6	139.3	106.2	121.0	92.2	0.816	02m08.6s
10:25	49°30.6'N	003°37.9'E	1.0275	1.0558	51.6	145.4	107.4	119.0	93.4	0.784	02m12.1s
10:30	49°07.3'N	006°45.3'E	1.0278	1.0565	53.4	151.6	108.4	117.4	94.4	0.757	02m15.0s
10:35	48°39.9'N	009°43.7'E	1.0281	1.0570	55.0	158.0	109.3	116.1	95.2	0.735	02m17.5s
10:40	48°08.9'N	012°34.1'E	1.0283	1.0574	56.4	164.6	110.1	115.0	95.8	0.718	02m19.5s
10:45	47°34.4'N	015°17.2'E	1.0284	1.0577	57.5	171.4	110.7	114.1	96.3	0.704	02m21.1s
10:50	46°56.7'N	017°53.9'E	1.0285	1.0579	58.4	178.3	111.3	113.5	96.6	0.693	02m22.2s
10:55	46°16.1'N	020°24.8'E	1.0286	1.0580	59.0	185.3	111.7	113.0	96.8	0.686	02m22.8s
11:00	45°32.6'N	022°50.6'E	1.0286	1.0580	59.3	192.4	112.1	112.7	96.9	0.681	02m23.0s
11:05	44°46.5'N	025°12.0'E	1.0286	1.0580	59.3	199.4	112.3	112.5	96.8	0.679	02m22.7s
11:10	43°57.8'N	027°29.6'E	1.0285	1.0578	59.1	206.4	112.5	112.5	96.5	0.680	02m22.0s
11:15	43°06.5'N	029°44.0'E	1.0284	1.0576	58.6	213.1	112.5	112.6	96.1	0.683	02m20.9s
11:20	42°12.9'N	031°55.9'E	1.0282	1.0572	57.8	219.6	112.5	113.0	95.6	0.690	02m19.3s
11:25	41°16.7'N	034°06.0'E	1.0280	1.0568	56.7	225.8	112.2	113.5	94.9	0.699	02m17.3s
11:30	40°18.1'N	036°15.1'E	1.0278	1.0563	55.5	231.6	111.9	114.2	94.1	0.712	02m14.9s
11:35	39°17.0'N	038°23.8'E	1.0274	1.0556	53.9	237.1	111.4	115.1	93.0	0.728	02m12.0s
11:40	38°13.2'N	040°33.2'E	1.0271	1.0549	52.2	242.2	110.7	116.3	91.8	0.750	02m08.8s
11:45	37°06.6'N	042°44.1'E	1.0267	1.0540	50.2	247.0	109.8	117.8	90.5	0.776	02m05.1s
11:50	35°57.0'N	044°57.8'E	1.0262	1.0531	48.0	251.5	108.6	119.7	88.9	0.810	02m01.0s
11:55	34°44.0'N	047°15.7'E	1.0256	1.0519	45.5	255.7	107.2	122.0	87.1	0.852	01m56.5s
12:00	33°27.3'N	049°39.6'E	1.0250	1.0507	42.9	259.5	105.3	125.0	85.0	0.905	01m51.5s
12:05	32°06.2'N	052°11.9'E	1.0243	1.0492	39.9	263.2	103.1	128.9	82.7	0.974	01m46.0s
12:10	30°39.9'N	054°55.9'E	1.0235	1.0475	36.7	266.6	100.3	134.0	79.9	1.067	01m40.0s
12:15	29°06.9'N	057°56.5'E	1.0225	1.0456	33.0	269.9	96.9	141.0	76.8	1.196	01m33.4s
12:20	27°24.9'N	061°21.8'E	1.0214	1.0433	28.9	273.1	92.5	151.5	73.1	1.390	01m26.1s
12:25	25°29.7'N	065°27.0'E	1.0200	1.0405	23.9	276.2	86.9	168.9	68.5	1.714	01m17.7s
12:30	23°10.9'N	070°48.3'E	1.0182	1.0368	17.7	279.5	79.0	206.0	62.4	2.412	01m07.4s
12:35	19°38.5'N	080°24.0'E	1.0151	1.0304	7.1	283.8	64.8	422.7	51.7	6.535	00m51.6s
12:35.9	17°33.5'N	087°17.2'E	1.0130	1.0261	0.0	286.1	55.2		44.6		00m42.3s

TABLE 5

LOCAL CIRCUMSTANCES ON THE CENTER LINE
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

Center Line Maximum Eclipse			First Contact				Second Contact			Third Contact			Fourth Contact			
U.T.	Durat.	Alt °	U.T.	P °	V °	Alt °	U.T.	P °	V °	U.T.	P °	V °	U.T.	P °	V °	Alt °
09:35	01m09.1s	16	08:36:00	277	321	6	09:34:26	98	144	09:35:35	278	324	10:39:27	98	144	27
09:40	01m20.4s	22	08:37:49	278	322	12	09:39:20	98	143	09:40:40	278	323	10:48:07	99	142	34
09:45	01m29.4s	28	08:40:13	279	322	17	09:44:15	99	142	09:45:45	279	322	10:55:56	100	139	39
09:50	01m37.0s	32	08:42:56	279	322	21	09:49:12	100	141	09:50:49	280	321	11:03:17	101	136	43
09:55	01m43.8s	36	08:45:52	280	322	25	09:54:08	101	140	09:55:52	281	320	11:10:16	102	133	46
10:00	01m49.9s	39	08:48:58	280	321	28	09:59:05	101	138	10:00:55	281	318	11:16:58	103	129	49
10:05	01m55.4s	42	08:52:11	281	321	31	10:04:02	102	137	10:05:58	282	317	11:23:24	103	125	51
10:10	02m00.3s	45	08:55:32	282	321	34	10:09:00	103	135	10:11:00	283	315	11:29:38	104	121	53
10:15	02m04.7s	47	08:59:00	282	320	37	10:13:58	103	133	10:16:02	283	312	11:35:38	105	117	54
10:20	02m08.6s	50	09:02:34	283	320	40	10:18:56	104	130	10:21:04	284	310	11:41:28	106	112	55
10:25	02m12.1s	52	09:06:14	283	319	42	10:23:54	105	128	10:26:06	285	307	11:47:06	106	107	56
10:30	02m15.0s	53	09:10:00	284	318	45	10:28:53	105	125	10:31:08	285	304	11:52:34	107	103	56
10:35	02m17.5s	55	09:13:53	285	317	47	10:33:51	106	121	10:36:09	286	301	11:57:53	107	98	56
10:40	02m19.5s	56	09:17:52	285	315	49	10:38:50	107	118	10:41:10	287	297	12:03:03	108	94	56
10:45	02m21.1s	58	09:21:58	286	314	51	10:43:49	107	114	10:46:11	287	293	12:08:05	108	89	55
10:50	02m22.2s	58	09:26:11	286	312	54	10:48:49	108	109	10:51:11	288	289	12:12:58	109	85	54
10:55	02m22.8s	59	09:30:31	287	310	56	10:53:49	108	105	10:56:11	288	284	12:17:44	109	82	53
11:00	02m23.0s	59	09:34:59	288	307	57	10:58:48	109	100	11:01:11	289	280	12:22:24	110	78	52
11:05	02m22.7s	59	09:39:35	288	304	59	11:03:49	109	96	11:06:11	289	275	12:26:56	110	75	51
11:10	02m22.0s	59	09:44:18	289	300	61	11:08:49	110	91	11:11:11	290	270	12:31:22	110	72	49
11:15	02m20.9s	59	09:49:10	289	296	62	11:13:49	110	86	11:16:10	290	265	12:35:43	111	69	48
11:20	02m19.3s	58	09:54:11	290	291	63	11:18:50	111	81	11:21:10	291	261	12:39:57	111	67	46
11:25	02m17.3s	57	09:59:21	290	286	64	11:23:51	111	77	11:26:09	291	257	12:44:07	111	64	44
11:30	02m14.9s	55	10:04:40	291	280	64	11:28:52	111	73	11:31:07	291	253	12:48:11	111	62	42
11:35	02m12.0s	54	10:10:08	291	273	65	11:33:54	112	69	11:36:06	292	249	12:52:10	111	60	40
11:40	02m08.8s	52	10:15:46	291	267	64	11:38:55	112	66	11:41:04	292	245	12:56:04	112	58	38
11:45	02m05.1s	50	10:21:35	292	260	64	11:43:57	112	62	11:46:02	292	242	12:59:53	112	56	36
11:50	02m01.0s	48	10:27:34	292	254	62	11:48:59	112	59	11:51:00	292	239	13:03:37	112	55	33
11:55	01m56.5s	46	10:33:44	292	248	61	11:54:02	112	56	11:55:58	292	236	13:07:17	112	53	31
12:00	01m51.5s	43	10:40:05	292	243	59	11:59:04	112	54	12:00:56	292	234	13:10:50	111	51	28
12:05	01m46.0s	40	10:46:39	293	238	56	12:04:07	112	51	12:05:53	292	231	13:14:18	111	50	25
12:10	01m40.0s	37	10:53:26	293	233	53	12:09:10	112	49	12:10:50	292	229	13:17:39	111	48	22
12:15	01m33.4s	33	11:00:28	292	229	49	12:14:13	112	47	12:15:47	292	227	13:20:52	111	47	19
12:20	01m26.1s	29	11:07:48	292	226	45	12:19:17	111	44	12:20:43	291	224	13:23:54	110	45	15
12:25	01m17.7s	24	11:15:32	292	222	40	12:24:21	111	42	12:25:39	291	222	13:26:41	110	44	10
12:30	01m07.4s	18	11:23:57	291	219	33	12:29:26	110	40	12:30:34	290	220	13:29:01	109	42	5
12:35	00m51.6s	7	11:34:19	290	215	21	12:34:34	109	37	12:35:26	289	217				
12:35	00m42.3s	7	11:34:19	290	215	21	12:34:34	109	37	12:35:26	289	217				
12:35	00m42.3s	7	11:34:19	290	215	21	12:34:34	109	37	12:35:26	289	217				

TABLE 6

TOPOCENTRIC DATA AND PATH CORRECTIONS DUE TO LUNAR LIMB PROFILE
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

Universal Time	Moon Topo H.P. "	Moon Topo S.D. "	Moon Rel. Ang.V "/s	Topo Lib. Long °	Sun Alt. °	Sun Az. °	Path Az. °	North Limit P.A. °	North Limit		South Limit		Central Durat. Cor. s
									Int.	Ext.	Int.	Ext.	
09:35	3542.7	964.7	0.518	5.54	15.6	83.9	72.6	7.7	-0.5	0.6	0.7	-2.4	1.3
09:40	3549.5	966.5	0.491	5.49	22.5	91.6	75.4	8.5	-0.5	0.8	0.7	-1.7	1.7
09:45	3554.4	967.8	0.471	5.45	27.6	98.3	78.2	9.2	-0.5	0.7	0.7	-0.8	1.7
09:50	3558.2	968.9	0.455	5.41	32.0	104.4	81.0	10.0	-0.4	0.4	0.7	-0.9	1.7
09:55	3561.5	969.7	0.442	5.37	35.7	110.3	83.8	10.7	-0.4	0.3	0.7	-1.7	1.6
10:00	3564.2	970.5	0.431	5.32	39.1	116.1	86.6	11.4	-0.4	0.6	0.7	-2.2	1.6
10:05	3566.5	971.1	0.422	5.28	42.1	121.8	89.3	12.1	-0.4	0.8	0.8	-2.6	1.7
10:10	3568.6	971.7	0.413	5.24	44.8	127.6	92.0	12.8	-0.3	0.8	0.8	-2.8	1.7
10:15	3570.3	972.1	0.406	5.20	47.3	133.4	94.6	13.5	-0.3	0.7	0.8	-2.9	1.7
10:20	3571.8	972.5	0.400	5.16	49.6	139.3	97.1	14.2	-0.3	0.6	0.8	-2.8	1.7
10:25	3573.1	972.9	0.395	5.11	51.6	145.4	99.6	14.8	-0.2	0.5	0.8	-2.6	1.7
10:30	3574.1	973.2	0.390	5.07	53.4	151.6	102.0	15.5	-0.2	0.4	0.8	-2.2	2.0
10:35	3575.0	973.4	0.387	5.03	55.0	158.0	104.3	16.1	-0.2	0.3	0.8	-1.7	2.0
10:40	3575.7	973.6	0.384	4.99	56.4	164.6	106.5	16.7	-0.2	0.2	0.9	-1.5	2.1
10:45	3576.2	973.7	0.382	4.94	57.5	171.4	108.5	17.3	-0.2	0.2	0.9	-1.8	2.0
10:50	3576.6	973.8	0.380	4.90	58.4	178.3	110.5	17.9	-0.2	0.3	0.8	-2.2	1.7
10:55	3576.8	973.9	0.379	4.86	59.0	185.3	112.3	18.4	-0.2	0.5	0.9	-2.4	1.6
11:00	3576.9	973.9	0.379	4.81	59.3	192.4	114.0	18.9	-0.2	0.7	0.9	-2.6	1.6
11:05	3576.8	973.9	0.379	4.77	59.3	199.4	115.6	19.4	-0.2	0.7	0.9	-2.6	1.5
11:10	3576.5	973.8	0.380	4.73	59.1	206.4	117.1	19.9	-0.1	0.6	0.9	-2.6	1.5
11:15	3576.1	973.7	0.382	4.69	58.6	213.1	118.4	20.3	-0.1	0.6	0.8	-2.7	0.9
11:20	3575.5	973.5	0.384	4.64	57.8	219.6	119.5	20.7	-0.1	0.7	0.8	-2.9	0.9
11:25	3574.8	973.3	0.386	4.60	56.7	225.8	120.5	21.0	-0.1	0.8	0.8	-3.0	0.8
11:30	3573.9	973.1	0.390	4.56	55.5	231.6	121.4	21.3	-0.1	0.9	0.8	-3.2	0.7
11:35	3572.8	972.8	0.394	4.52	53.9	237.1	122.0	21.6	-0.1	0.9	0.8	-3.3	0.6
11:40	3571.5	972.5	0.398	4.47	52.2	242.2	122.5	21.8	-0.0	1.0	0.8	-3.5	0.4
11:45	3570.1	972.1	0.404	4.43	50.2	247.0	122.9	21.9	-0.0	1.0	0.8	-3.5	0.3
11:50	3568.4	971.6	0.410	4.39	48.0	251.5	123.0	22.1	-0.0	1.0	0.8	-3.6	0.3
11:55	3566.5	971.1	0.417	4.35	45.5	255.7	122.9	22.1	-0.0	1.0	0.8	-3.6	0.2
12:00	3564.3	970.5	0.425	4.30	42.9	259.5	122.6	22.1	-0.0	1.0	0.8	-3.6	0.2
12:05	3561.8	969.8	0.434	4.26	39.9	263.2	122.1	22.0	-0.0	1.0	0.8	-3.7	-0.1
12:10	3558.9	969.0	0.445	4.22	36.7	266.6	121.2	21.9	-0.0	1.0	0.8	-3.6	-0.1
12:15	3555.6	968.1	0.457	4.18	33.0	269.9	120.1	21.7	-0.0	1.0	0.8	-3.5	-0.2
12:20	3551.6	967.1	0.471	4.13	28.9	273.1	118.7	21.4	-0.1	1.0	0.8	-3.4	-0.3
12:25	3546.8	965.8	0.489	4.09	23.9	276.2	116.7	20.9	-0.1	0.9	0.8	-3.1	-0.5
12:30	3540.5	964.1	0.512	4.05	17.7	279.5	114.0	20.3	-0.1	0.7	0.8	-2.7	-0.7
12:35	3529.5	961.1	0.553	4.01	7.1	283.8	109.2	19.0	-0.1	0.7	0.8	-2.7	-0.8

TABLE 7
MAPPING COORDINATES FOR THE UMBRAL PATH
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

Longitude	Latitude of:			Universal Time at:			Circumstances on the Center Line			
	Northern	Southern	Center	Northern	Southern	Center	Sun Alt.	Sun Az.	Path Width	Center Durat.
	Limit	Limit	Line	Limit	Limit	Line	°	°	km	
				h m s	h m s	h m s				
065°00.0'W	41°21.17'N	—	41°03.56'N	09:30:20	—	09:30:14	0	—	—	—
064°00.0'W	41°38.43'N	41°02.72'N	41°20.47'N	09:30:39	09:30:04	09:30:22	1	70	62	00m47.6s
063°00.0'W	41°55.51'N	41°19.26'N	41°37.28'N	09:30:42	09:30:06	09:30:24	2	71	63	00m48.7s
062°00.0'W	42°12.41'N	41°35.66'N	41°53.93'N	09:30:47	09:30:09	09:30:28	2	72	64	00m49.8s
061°00.0'W	42°29.17'N	41°51.84'N	42°10.44'N	09:30:53	09:30:14	09:30:33	3	72	65	00m50.9s
060°00.0'W	42°45.79'N	42°07.92'N	42°26.78'N	09:31:00	09:30:20	09:30:40	4	73	66	00m52.0s
059°00.0'W	43°02.23'N	42°23.87'N	42°42.96'N	09:31:09	09:30:28	09:30:48	5	74	67	00m53.1s
058°00.0'W	43°18.49'N	42°39.60'N	42°58.96'N	09:31:20	09:30:37	09:30:58	6	74	68	00m54.3s
057°00.0'W	43°34.57'N	42°55.16'N	43°14.78'N	09:31:31	09:30:48	09:31:10	7	75	69	00m55.4s
056°00.0'W	43°50.44'N	43°10.53'N	43°30.40'N	09:31:45	09:31:00	09:31:22	7	76	70	00m56.6s
055°00.0'W	44°06.11'N	43°25.71'N	43°45.83'N	09:32:00	09:31:14	09:31:37	8	77	71	00m57.7s
054°00.0'W	44°21.57'N	43°40.69'N	44°01.05'N	09:32:16	09:31:29	09:31:52	9	77	72	00m58.9s
053°00.0'W	44°36.81'N	43°55.47'N	44°16.06'N	09:32:34	09:31:46	09:32:10	10	78	72	01m00.1s
052°00.0'W	44°51.81'N	44°10.08'N	44°30.85'N	09:32:53	09:32:04	09:32:28	11	79	73	01m01.3s
051°00.0'W	45°06.71'N	44°24.31'N	44°45.41'N	09:33:14	09:32:24	09:32:49	11	80	74	01m02.5s
050°00.0'W	45°21.22'N	44°38.40'N	44°59.73'N	09:33:36	09:32:45	09:33:10	12	80	75	01m03.7s
049°00.0'W	45°35.52'N	44°52.27'N	45°13.82'N	09:33:59	09:33:08	09:33:33	13	81	76	01m05.0s
048°00.0'W	45°49.57'N	45°05.89'N	45°27.65'N	09:34:24	09:33:32	09:33:58	14	82	77	01m06.2s
047°00.0'W	46°03.36'N	45°19.26'N	45°41.23'N	09:34:51	09:33:57	09:34:24	15	83	78	01m07.5s
046°00.0'W	46°16.89'N	45°32.37'N	45°54.55'N	09:35:19	09:34:24	09:34:51	15	84	79	01m08.7s
045°00.0'W	46°30.14'N	45°45.22'N	46°07.60'N	09:35:48	09:34:53	09:35:20	16	84	79	01m10.0s
044°00.0'W	46°43.11'N	45°57.80'N	46°20.38'N	09:36:18	09:35:23	09:35:50	17	85	80	01m11.3s
043°00.0'W	46°55.80'N	46°10.10'N	46°32.88'N	09:36:50	09:35:54	09:36:22	18	86	81	01m12.6s
042°00.0'W	47°08.20'N	46°22.12'N	46°45.09'N	09:37:24	09:36:26	09:36:55	19	87	82	01m13.9s
041°00.0'W	47°20.30'N	46°33.85'N	46°57.00'N	09:37:58	09:37:00	09:37:29	19	88	83	01m15.1s
040°00.0'W	47°32.10'N	46°45.28'N	47°08.62'N	09:38:34	09:37:36	09:38:05	20	89	83	01m16.5s
039°00.0'W	47°43.58'N	46°56.42'N	47°19.93'N	09:39:12	09:38:13	09:38:42	21	90	84	01m17.8s
038°00.0'W	47°54.76'N	47°07.25'N	47°30.94'N	09:39:50	09:38:51	09:39:20	22	91	85	01m19.1s
037°00.0'W	48°05.61'N	47°17.77'N	47°41.62'N	09:40:30	09:39:31	09:40:00	22	92	86	01m20.4s
036°00.0'W	48°16.14'N	47°27.97'N	47°51.99'N	09:41:12	09:40:11	09:40:41	23	93	87	01m21.7s
035°00.0'W	48°26.34'N	47°37.84'N	48°02.03'N	09:41:54	09:40:54	09:41:24	24	94	87	01m23.1s
034°00.0'W	48°36.20'N	47°47.39'N	48°11.74'N	09:42:38	09:41:37	09:42:08	25	95	88	01m24.4s
033°00.0'W	48°45.72'N	47°56.61'N	48°21.11'N	09:43:23	09:42:22	09:42:53	26	96	89	01m25.7s
032°00.0'W	48°54.90'N	48°05.49'N	48°30.14'N	09:44:10	09:43:09	09:43:39	26	97	89	01m27.1s
031°00.0'W	49°03.73'N	48°14.03'N	48°38.82'N	09:44:57	09:43:56	09:44:26	27	98	90	01m28.4s
030°00.0'W	49°12.20'N	48°22.22'N	48°47.16'N	09:45:46	09:44:45	09:45:15	28	99	91	01m29.8s
029°00.0'W	49°20.31'N	48°30.05'N	48°55.14'N	09:46:36	09:45:35	09:46:06	29	100	91	01m31.1s
028°00.0'W	49°28.07'N	48°37.53'N	49°02.75'N	09:47:28	09:46:27	09:46:57	29	101	92	01m32.5s
027°00.0'W	49°35.45'N	48°44.65'N	49°10.01'N	09:48:20	09:47:20	09:47:50	30	102	93	01m33.8s
026°00.0'W	49°42.46'N	48°51.40'N	49°16.89'N	09:49:14	09:48:14	09:48:44	31	103	93	01m35.2s
025°00.0'W	49°49.10'N	48°57.78'N	49°23.40'N	09:50:09	09:49:09	09:49:39	32	104	94	01m36.5s
024°00.0'W	49°55.36'N	49°03.78'N	49°29.53'N	09:51:05	09:50:06	09:50:35	32	105	95	01m37.9s
023°00.0'W	50°01.23'N	49°09.40'N	49°35.28'N	09:52:02	09:51:04	09:51:33	33	106	95	01m39.2s
022°00.0'W	50°06.71'N	49°14.63'N	49°40.64'N	09:53:01	09:52:03	09:52:32	34	107	96	01m40.6s
021°00.0'W	50°11.80'N	49°19.48'N	49°45.61'N	09:54:01	09:53:04	09:53:32	35	109	96	01m41.9s
020°00.0'W	50°16.50'N	49°23.93'N	49°50.18'N	09:55:02	09:54:05	09:54:33	35	110	97	01m43.3s

TABLE 7 - continued
 MAPPING COORDINATES FOR THE UMBRAL PATH
 TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

Longitude	Latitude of:			Universal Time at:			Circumstances on the Center Line								
	Northern	Southern	Center	Northern	Southern	Center	Sun	Sun	Path	Center					
	Limit	Limit	Line	Limit	Limit	Line	Alt	Az.	Width	Durat.					
				h	m	s	h	m	s	h	m	s	°	°	km
019°00.0'W	50°20.79'N	49°27.98'N	49°54.36'N	09:56:04	09:55:09	09:55:36	36	111	97	01m44.6s					
018°00.0'W	50°24.68'N	49°31.63'N	49°58.13'N	09:57:07	09:56:13	09:56:40	37	112	98	01m45.9s					
017°00.0'W	50°28.16'N	49°34.87'N	50°01.49'N	09:58:12	09:57:19	09:57:45	38	114	98	01m47.3s					
016°00.0'W	50°31.22'N	49°37.69'N	50°04.43'N	09:59:18	09:58:26	09:58:52	38	115	99	01m48.6s					
015°00.0'W	50°33.86'N	49°40.10'N	50°06.96'N	10:00:25	09:59:34	09:59:59	39	116	100	01m49.9s					
014°00.0'W	50°36.08'N	49°42.08'N	50°09.06'N	10:01:33	10:00:43	10:01:08	40	117	100	01m51.2s					
013°00.0'W	50°37.88'N	49°43.63'N	50°10.74'N	10:02:42	10:01:54	10:02:18	40	119	100	01m52.5s					
012°00.0'W	50°39.24'N	49°44.75'N	50°11.98'N	10:03:53	10:03:07	10:03:30	41	120	101	01m53.8s					
011°00.0'W	50°40.16'N	49°45.43'N	50°12.78'N	10:05:05	10:04:20	10:04:42	42	122	101	01m55.1s					
010°00.0'W	50°40.64'N	49°45.67'N	50°13.14'N	10:06:18	10:05:35	10:05:56	43	123	102	01m56.4s					
009°00.0'W	50°40.67'N	49°45.45'N	50°13.05'N	10:07:32	10:06:51	10:07:12	43	124	102	01m57.6s					
008°00.0'W	50°40.24'N	49°44.78'N	50°12.50'N	10:08:48	10:08:09	10:08:28	44	126	103	01m58.9s					
007°00.0'W	50°39.36'N	49°43.64'N	50°11.49'N	10:10:05	10:09:28	10:09:46	45	127	103	02m00.1s					
006°00.0'W	50°38.01'N	49°42.03'N	50°10.02'N	10:11:23	10:10:48	10:11:05	45	129	104	02m01.3s					
005°00.0'W	50°36.20'N	49°39.95'N	50°08.07'N	10:12:42	10:12:10	10:12:26	46	130	104	02m02.5s					
004°00.0'W	50°33.90'N	49°37.39'N	50°05.64'N	10:14:03	10:13:33	10:13:48	47	132	105	02m03.7s					
003°00.0'W	50°31.12'N	49°34.34'N	50°02.73'N	10:15:25	10:14:57	10:15:11	47	134	105	02m04.9s					
002°00.0'W	50°27.85'N	49°30.80'N	49°59.32'N	10:16:49	10:16:23	10:16:36	48	135	105	02m06.0s					
001°00.0'W	50°24.09'N	49°26.75'N	49°55.42'N	10:18:14	10:17:51	10:18:02	49	137	106	02m07.2s					
000°00.0'E	50°19.82'N	49°22.19'N	49°51.00'N	10:19:40	10:19:20	10:19:30	49	139	106	02m08.3s					
001°00.0'E	50°15.03'N	49°17.11'N	49°46.07'N	10:21:07	10:20:50	10:20:59	50	141	106	02m09.3s					
002°00.0'E	50°09.73'N	49°11.50'N	49°40.62'N	10:22:36	10:22:22	10:22:29	51	142	107	02m10.4s					
003°00.0'E	50°03.90'N	49°05.37'N	49°34.64'N	10:24:07	10:23:56	10:24:01	51	144	107	02m11.4s					
004°00.0'E	49°57.54'N	48°58.68'N	49°28.12'N	10:25:39	10:25:31	10:25:35	52	146	108	02m12.4s					
005°00.0'E	49°50.63'N	48°51.45'N	49°21.05'N	10:27:12	10:27:07	10:27:10	52	148	108	02m13.4s					
006°00.0'E	49°43.17'N	48°43.66'N	49°13.43'N	10:28:47	10:28:45	10:28:46	53	150	108	02m14.3s					
007°00.0'E	49°35.15'N	48°35.30'N	49°05.23'N	10:30:24	10:30:25	10:30:24	54	152	108	02m15.2s					
008°00.0'E	49°26.56'N	48°26.36'N	48°56.47'N	10:32:02	10:32:07	10:32:04	54	154	109	02m16.1s					
009°00.0'E	49°17.39'N	48°16.83'N	48°47.12'N	10:33:41	10:33:50	10:33:45	55	156	109	02m16.9s					
010°00.0'E	49°07.63'N	48°06.70'N	48°37.18'N	10:35:22	10:35:35	10:35:28	55	159	109	02m17.7s					
011°00.0'E	48°57.27'N	47°55.97'N	48°26.64'N	10:37:05	10:37:21	10:37:13	56	161	110	02m18.4s					
012°00.0'E	48°46.30'N	47°44.62'N	48°15.48'N	10:38:49	10:39:09	10:38:59	56	163	110	02m19.1s					
013°00.0'E	48°34.72'N	47°32.65'N	48°03.70'N	10:40:35	10:40:59	10:40:47	57	166	110	02m19.8s					
014°00.0'E	48°22.51'N	47°20.04'N	47°51.29'N	10:42:23	10:42:51	10:42:36	57	168	110	02m20.4s					
015°00.0'E	48°09.66'N	47°06.78'N	47°38.24'N	10:44:12	10:44:44	10:44:28	57	171	111	02m20.9s					
016°00.0'E	47°56.16'N	46°52.87'N	47°24.54'N	10:46:03	10:46:39	10:46:21	58	173	111	02m21.4s					
017°00.0'E	47°42.01'N	46°38.30'N	47°10.17'N	10:47:56	10:48:36	10:48:15	58	176	111	02m21.8s					
018°00.0'E	47°27.19'N	46°23.06'N	46°55.14'N	10:49:50	10:50:34	10:50:12	58	179	111	02m22.2s					
019°00.0'E	47°11.69'N	46°07.13'N	46°39.43'N	10:51:46	10:52:35	10:52:10	59	181	111	02m22.5s					
020°00.0'E	46°55.51'N	45°50.52'N	46°23.03'N	10:53:44	10:54:37	10:54:10	59	184	112	02m22.7s					

TABLE 7 - continued
MAPPING COORDINATES FOR THE UMBRAL PATH
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

Longitude	Latitude of:			Universal Time at:			Circumstances on the Center Line					
	Northern	Southern	Center	Northern	Southern	Center	Sun	Sun	Center			
	Limit	Limit	Line	Limit	Limit	Line	Alt	Az.	Width	Durat.		
							°	°	km			
				h	m	s	h	m	s	h	m	s
021°00.0'E	46°38.64'N	45°33.22'N	46°05.94'N	10:55:43	10:56:40	10:56:12	59	187	112	02m	22.9s	
022°00.0'E	46°21.07'N	45°15.21'N	45°48.15'N	10:57:45	10:58:46	10:58:15	59	190	112	02m	23.0s	
023°00.0'E	46°02.79'N	44°56.50'N	45°29.66'N	10:59:47	11:00:53	11:00:20	59	193	112	02m	23.0s	
024°00.0'E	45°43.80'N	44°37.08'N	45°10.45'N	11:01:52	11:03:01	11:02:26	59	196	112	02m	22.9s	
025°00.0'E	45°24.09'N	44°16.95'N	44°50.53'N	11:03:58	11:05:11	11:04:34	59	199	112	02m	22.8s	
026°00.0'E	45°03.67'N	43°56.10'N	44°29.89'N	11:06:05	11:07:23	11:06:44	59	202	112	02m	22.5s	
027°00.0'E	44°42.52'N	43°34.54'N	44°08.54'N	11:08:14	11:09:36	11:08:55	59	205	112	02m	22.2s	
028°00.0'E	44°20.65'N	43°12.28'N	43°46.47'N	11:10:25	11:11:51	11:11:07	59	208	113	02m	21.8s	
029°00.0'E	43°58.07'N	42°49.31'N	43°23.69'N	11:12:37	11:14:06	11:13:21	59	211	113	02m	21.3s	
030°00.0'E	43°34.77'N	42°25.65'N	43°00.20'N	11:14:50	11:16:23	11:15:36	58	214	113	02m	20.7s	
031°00.0'E	43°10.76'N	42°01.29'N	42°36.02'N	11:17:04	11:18:41	11:17:52	58	217	112	02m	20.0s	
032°00.0'E	42°46.05'N	41°36.27'N	42°11.15'N	11:19:19	11:21:00	11:20:09	58	220	112	02m	19.2s	
033°00.0'E	42°20.66'N	41°10.58'N	41°45.60'N	11:21:36	11:23:19	11:22:27	57	223	112	02m	18.4s	
034°00.0'E	41°54.59'N	40°44.26'N	41°19.40'N	11:23:53	11:25:39	11:24:46	57	225	112	02m	17.4s	
035°00.0'E	41°27.87'N	40°17.32'N	40°52.57'N	11:26:11	11:28:00	11:27:05	56	228	112	02m	16.3s	
036°00.0'E	41°00.52'N	39°49.79'N	40°25.12'N	11:28:29	11:30:21	11:29:25	56	231	112	02m	15.2s	
037°00.0'E	40°32.55'N	39°21.69'N	39°57.08'N	11:30:48	11:32:42	11:31:45	55	234	112	02m	13.9s	
038°00.0'E	40°04.01'N	38°53.06'N	39°28.49'N	11:33:06	11:35:03	11:34:05	54	236	111	02m	12.6s	
039°00.0'E	39°34.91'N	38°23.93'N	38°59.37'N	11:35:25	11:37:23	11:36:24	53	239	111	02m	11.1s	
040°00.0'E	39°05.31'N	37°54.34'N	38°29.76'N	11:37:43	11:39:43	11:38:43	53	241	111	02m	09.6s	
041°00.0'E	38°35.22'N	37°24.32'N	37°59.70'N	11:40:01	11:42:02	11:41:02	52	243	111	02m	08.0s	
042°00.0'E	38°04.69'N	36°53.94'N	37°29.23'N	11:42:18	11:44:20	11:43:19	51	245	110	02m	06.4s	
043°00.0'E	37°33.77'N	36°23.21'N	36°58.40'N	11:44:35	11:46:37	11:45:36	50	248	110	02m	04.6s	
044°00.0'E	37°02.50'N	35°52.20'N	36°27.26'N	11:46:50	11:48:52	11:47:51	49	250	109	02m	02.8s	
045°00.0'E	36°30.93'N	35°20.96'N	35°55.84'N	11:49:03	11:51:06	11:50:05	48	252	109	02m	00.9s	
046°00.0'E	35°59.11'N	34°49.52'N	35°24.21'N	11:51:15	11:53:17	11:52:17	47	253	108	01m	59.0s	
047°00.0'E	35°27.08'N	34°17.95'N	34°52.40'N	11:53:25	11:55:27	11:54:26	46	255	107	01m	57.0s	
048°00.0'E	34°54.90'N	33°46.29'N	34°20.47'N	11:55:33	11:57:34	11:56:34	45	257	107	01m	54.9s	
049°00.0'E	34°22.62'N	33°14.59'N	33°48.48'N	11:57:39	11:59:38	11:58:39	44	259	106	01m	52.9s	
050°00.0'E	33°50.30'N	32°42.90'N	33°16.46'N	11:59:42	12:01:40	12:00:41	42	260	105	01m	50.8s	
051°00.0'E	33°17.97'N	32°11.26'N	32°44.48'N	12:01:42	12:03:38	12:02:41	41	262	104	01m	48.6s	
052°00.0'E	32°45.69'N	31°39.73'N	32°12.56'N	12:03:40	12:05:34	12:04:37	40	263	103	01m	46.5s	
053°00.0'E	32°13.51'N	31°08.34'N	31°40.78'N	12:05:34	12:07:26	12:06:31	39	264	102	01m	44.3s	
054°00.0'E	31°41.47'N	30°37.15'N	31°09.15'N	12:07:25	12:09:15	12:08:21	38	266	101	01m	42.1s	
055°00.0'E	31°09.61'N	30°06.17'N	30°37.74'N	12:09:13	12:11:00	12:10:07	37	267	100	01m	39.9s	
056°00.0'E	30°37.98'N	29°35.46'N	30°06.56'N	12:10:58	12:12:42	12:11:50	35	268	99	01m	37.7s	
057°00.0'E	30°06.62'N	29°05.05'N	29°35.67'N	12:12:38	12:14:20	12:13:30	34	269	98	01m	35.5s	
058°00.0'E	29°35.54'N	28°34.97'N	29°05.10'N	12:14:15	12:15:55	12:15:05	33	270	97	01m	33.3s	
059°00.0'E	29°04.81'N	28°05.24'N	28°34.86'N	12:15:49	12:17:25	12:16:38	32	271	96	01m	31.1s	
060°00.0'E	28°34.43'N	27°35.90'N	28°05.00'N	12:17:19	12:18:52	12:18:06	31	272	94	01m	29.0s	

TABLE 7 - continued
MAPPING COORDINATES FOR THE UMBRAL PATH
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

Longitude	Latitude of:			Universal Time at:			Circumstances on the Center Line					
	Northern	Southern	Center	Northern	Southern	Center	Sun Alt	Sun Az.	Path Width	Center Durat.		
	Limit	Limit	Line	Limit	Limit	Line	°	°	km			
				h	m	s	h	m	s	h	m	s
061°00.0'E	28°04.43'N	27°06.95'N	27°35.53'N	12:18:45	12:20:15	12:19:30	29	273	93	01m26.9s		
062°00.0'E	27°34.85'N	26°38.43'N	27°06.49'N	12:20:07	12:21:34	12:20:51	28	274	92	01m24.7s		
063°00.0'E	27°05.70'N	26°10.36'N	26°37.87'N	12:21:25	12:22:50	12:22:08	27	274	90	01m22.7s		
064°00.0'E	26°36.99'N	25°42.74'N	26°09.71'N	12:22:39	12:24:01	12:23:21	26	275	89	01m20.6s		
065°00.0'E	26°08.75'N	25°15.58'N	25°42.01'N	12:23:50	12:25:09	12:24:30	24	276	88	01m18.6s		
066°00.0'E	25°40.98'N	24°48.91'N	25°14.79'N	12:24:57	12:26:13	12:25:36	23	277	86	01m16.6s		
067°00.0'E	25°13.70'N	24°22.72'N	24°48.07'N	12:26:00	12:27:14	12:26:37	22	277	85	01m14.6s		
068°00.0'E	24°46.92'N	23°57.02'N	24°21.83'N	12:27:00	12:28:11	12:27:36	21	278	83	01m12.7s		
069°00.0'E	24°20.65'N	23°31.83'N	23°56.10'N	12:27:56	12:29:04	12:28:30	20	278	82	01m10.8s		
070°00.0'E	23°54.88'N	23°07.13'N	23°30.87'N	12:28:48	12:29:54	12:29:21	19	279	80	01m08.9s		
071°00.0'E	23°29.62'N	22°42.94'N	23°06.15'N	12:29:37	12:30:40	12:30:09	17	280	79	01m07.1s		
072°00.0'E	23°04.88'N	22°19.26'N	22°41.94'N	12:30:23	12:31:23	12:30:53	16	280	77	01m05.3s		
073°00.0'E	22°40.65'N	21°56.08'N	22°18.24'N	12:31:05	12:32:03	12:31:34	15	281	76	01m03.5s		
074°00.0'E	22°16.94'N	21°33.40'N	21°55.05'N	12:31:44	12:32:39	12:32:12	14	281	74	01m01.8s		
075°00.0'E	21°53.74'N	21°11.22'N	21°32.36'N	12:32:19	12:33:12	12:32:46	13	282	73	01m00.1s		
076°00.0'E	21°31.06'N	20°49.54'N	21°10.19'N	12:32:52	12:33:43	12:33:17	12	282	71	00m58.5s		
077°00.0'E	21°08.88'N	20°28.36'N	20°48.51'N	12:33:21	12:34:10	12:33:46	11	282	70	00m56.8s		
078°00.0'E	20°47.22'N	20°07.66'N	20°27.33'N	12:33:47	12:34:34	12:34:11	10	283	68	00m55.3s		
079°00.0'E	20°26.05'N	19°47.45'N	20°06.65'N	12:34:11	12:34:56	12:34:33	9	283	67	00m53.7s		
080°00.0'E	20°05.39'N	19°27.70'N	19°46.45'N	12:34:31	12:35:14	12:34:53	7	284	65	00m52.2s		
081°00.0'E	19°45.25'N	19°08.40'N	19°26.74'N	12:34:49	12:35:30	12:35:10	6	284	64	00m50.7s		
082°00.0'E	19°25.83'N	18°49.03'N	19°07.51'N	12:35:04	12:35:44	12:35:24	5	284	63	00m49.3s		
083°00.0'E	19°05.99'N	18°31.43'N	18°48.75'N	12:35:17	12:35:54	12:35:35	4	285	61	00m47.9s		
084°00.0'E	18°50.16'N	18°13.57'N	18°30.45'N	12:35:25	12:36:02	12:35:44	3	285	60	00m46.5s		
085°00.0'E	19°09.38'N	17°56.30'N	18°12.62'N	12:35:14	12:36:08	12:35:51	2	285	58	00m45.2s		
086°00.0'E	18°11.49'N	17°39.16'N	17°55.23'N	12:35:38	12:36:11	12:35:55	1	286	57	00m43.9s		

TABLE 8

MAPPING COORDINATES FOR THE ZONES OF GRAZING ECLIPSE
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

Longitude	North Graze Zone		Northern	South Graze Zone		Southern	Path Azim	Elev Fact	Scale Fact km/"
	Latitudes		Limit	Latitudes		Limit			
	Northern Limit	Southern Limit	Universal Time	Northern Limit	Southern Limit	Universal Time			
° ' "	° ' "	h m s	° ' "	° ' "	h m s	°			
005 00.0W	50 36.96N	50 35.87N	10:12:42	49 40.76N	49 37.09N	10:12:10	93.3	-0.58	2.09
004 00.0W	50 34.64N	50 33.59N	10:14:03	49 38.20N	49 34.52N	10:13:33	94.0	-0.58	2.09
003 00.0W	50 31.86N	50 30.82N	10:15:25	49 35.16N	49 31.46N	10:14:57	94.7	-0.58	2.09
002 00.0W	50 28.57N	50 27.56N	10:16:49	49 31.61N	49 27.93N	10:16:23	95.4	-0.58	2.09
001 00.0W	50 24.78N	50 23.81N	10:18:14	49 27.57N	49 23.90N	10:17:51	96.1	-0.57	2.09
000 00.0E	50 20.47N	50 19.55N	10:19:40	49 23.01N	49 19.37N	10:19:20	96.9	-0.57	2.08
001 00.0E	50 15.65N	50 14.78N	10:21:07	49 17.94N	49 14.35N	10:20:50	97.6	-0.57	2.08
002 00.0E	50 10.32N	50 09.49N	10:22:36	49 12.34N	49 08.80N	10:22:22	98.4	-0.57	2.08
003 00.0E	50 04.46N	50 03.67N	10:24:07	49 06.21N	49 02.74N	10:23:56	99.1	-0.57	2.08
004 00.0E	49 58.04N	49 57.30N	10:25:39	48 59.53N	48 56.16N	10:25:31	99.9	-0.57	2.08
005 00.0E	49 51.09N	49 50.41N	10:27:12	48 52.28N	48 49.02N	10:27:07	100.6	-0.57	2.08
006 00.0E	49 43.61N	49 42.95N	10:28:47	48 44.49N	48 41.35N	10:28:45	101.4	-0.57	2.08
007 00.0E	49 35.56N	49 34.92N	10:30:24	48 36.14N	48 33.13N	10:30:25	102.2	-0.56	2.08
008 00.0E	49 26.93N	49 26.33N	10:32:02	48 27.20N	48 24.35N	10:32:07	102.9	-0.56	2.08
009 00.0E	49 17.70N	49 17.16N	10:33:41	48 17.67N	48 14.99N	10:33:50	103.7	-0.56	2.08
010 00.0E	49 07.86N	49 07.40N	10:35:22	48 07.55N	48 05.05N	10:35:35	104.5	-0.56	2.08
011 00.0E	48 57.49N	48 57.04N	10:37:05	47 56.82N	47 54.37N	10:37:21	105.2	-0.56	2.08
012 00.0E	48 46.54N	48 46.07N	10:38:49	47 45.48N	47 43.08N	10:39:09	106.0	-0.56	2.08
013 00.0E	48 34.95N	48 34.49N	10:40:35	47 33.51N	47 31.17N	10:40:59	106.8	-0.56	2.08
014 00.0E	48 22.73N	48 22.28N	10:42:23	47 20.90N	47 18.39N	10:42:51	107.5	-0.57	2.08
015 00.0E	48 09.90N	48 09.43N	10:44:12	47 07.65N	47 04.97N	10:44:44	108.3	-0.57	2.08
016 00.0E	47 56.42N	47 55.93N	10:46:03	46 53.74N	46 50.91N	10:46:39	109.1	-0.57	2.08
017 00.0E	47 42.27N	47 41.78N	10:47:56	46 39.18N	46 36.20N	10:48:36	109.8	-0.57	2.08
018 00.0E	47 27.51N	47 26.98N	10:49:50	46 23.91N	46 20.83N	10:50:34	110.6	-0.57	2.08
019 00.0E	47 12.11N	47 11.50N	10:51:46	46 07.99N	46 04.81N	10:52:35	111.3	-0.57	2.08
020 00.0E	46 56.01N	46 55.33N	10:53:44	45 51.38N	45 48.11N	10:54:37	112.0	-0.57	2.09
021 00.0E	46 39.21N	46 38.46N	10:55:43	45 34.07N	45 30.73N	10:56:40	112.7	-0.58	2.09
022 00.0E	46 21.69N	46 20.89N	10:57:45	45 16.06N	45 12.67N	10:58:46	113.4	-0.58	2.09
023 00.0E	46 03.44N	46 02.61N	10:59:47	44 57.35N	44 53.92N	11:00:53	114.1	-0.58	2.09
024 00.0E	45 44.47N	45 43.63N	11:01:52	44 37.93N	44 34.47N	11:03:01	114.8	-0.59	2.10
025 00.0E	45 24.77N	45 23.93N	11:03:58	44 17.80N	44 14.33N	11:05:11	115.5	-0.59	2.10
026 00.0E	45 04.33N	45 03.51N	11:06:05	43 56.96N	43 53.49N	11:07:23	116.1	-0.59	2.10
027 00.0E	44 43.16N	44 42.37N	11:08:14	43 35.40N	43 31.96N	11:09:36	116.8	-0.60	2.11
028 00.0E	44 21.25N	44 20.51N	11:10:25	43 13.13N	43 09.73N	11:11:51	117.4	-0.60	2.11
029 00.0E	43 58.65N	43 57.93N	11:12:37	42 50.12N	42 46.67N	11:14:06	118.0	-0.61	2.12
030 00.0E	43 35.36N	43 34.63N	11:14:50	42 26.46N	42 22.90N	11:16:23	118.5	-0.61	2.12
031 00.0E	43 11.38N	43 10.63N	11:17:04	42 02.11N	41 58.45N	11:18:41	119.0	-0.62	2.12
032 00.0E	42 46.70N	42 45.93N	11:19:19	41 37.08N	41 33.34N	11:21:00	119.6	-0.62	2.13
033 00.0E	42 21.37N	42 20.54N	11:21:36	41 11.40N	41 07.59N	11:23:19	120.0	-0.63	2.14
034 00.0E	41 55.37N	41 54.49N	11:23:53	40 45.07N	40 41.20N	11:25:40	120.5	-0.63	2.14
035 00.0E	41 28.70N	41 27.77N	11:26:11	40 18.13N	40 14.21N	11:28:00	120.9	-0.64	2.15
036 00.0E	41 01.38N	41 00.42N	11:28:29	39 50.60N	39 46.59N	11:30:21	121.3	-0.64	2.15
037 00.0E	40 33.45N	40 32.46N	11:30:48	39 22.50N	39 18.42N	11:32:42	121.6	-0.65	2.16
038 00.0E	40 04.94N	40 03.93N	11:33:06	38 53.87N	38 49.72N	11:35:03	121.9	-0.66	2.17
039 00.0E	39 35.86N	39 34.84N	11:35:25	38 24.72N	38 20.53N	11:37:23	122.2	-0.66	2.17
040 00.0E	39 06.28N	39 05.26N	11:37:43	37 55.12N	37 50.89N	11:39:43	122.4	-0.67	2.18

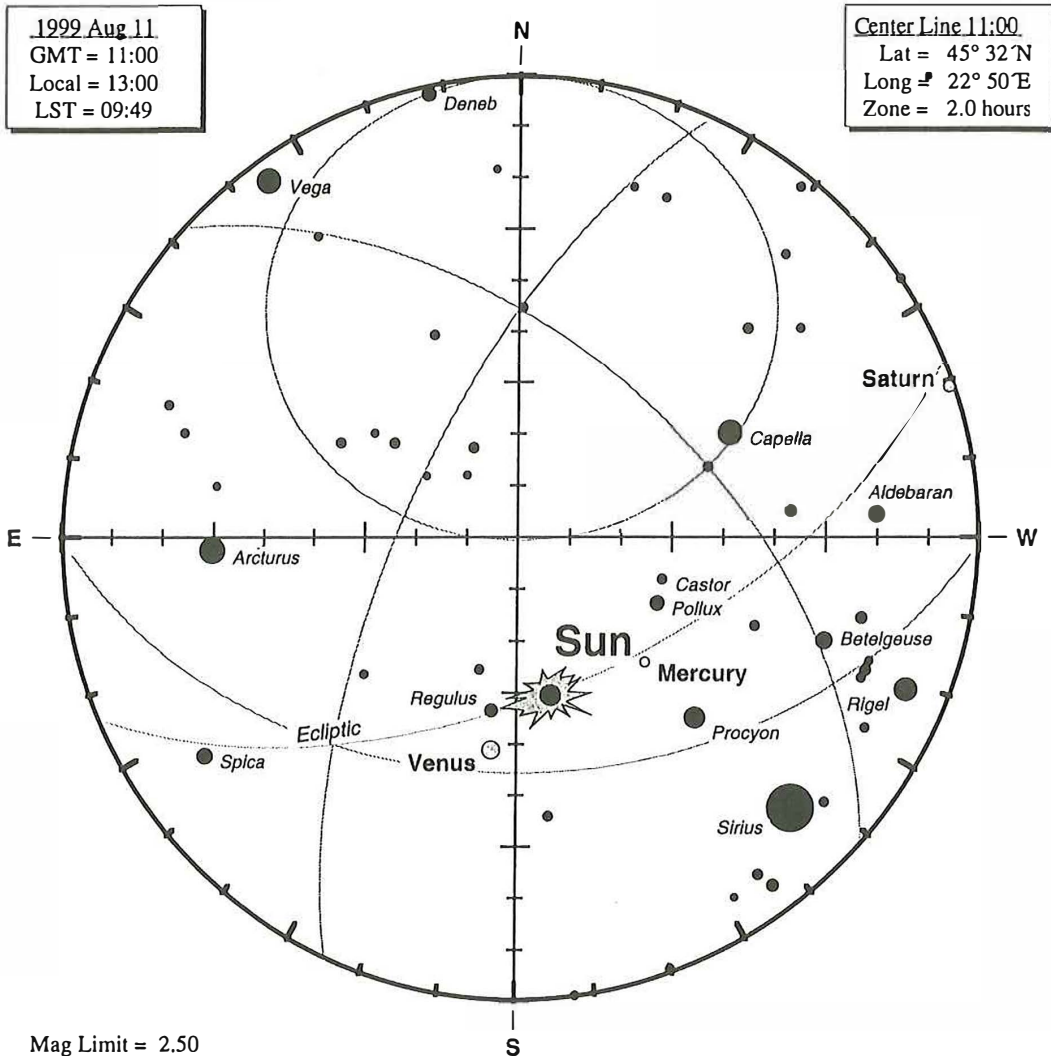
TABLE 8 - continued

MAPPING COORDINATES FOR THE ZONES OF GRAZING ECLIPSE
TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 1999 AUGUST 11

Longitude	North Graze Zone		Northern	South Graze Zone		Southern	Path Azimuth	Elev Fact	Scale Fact km/"
	Latitudes		Limit	Latitudes		Limit			
	Northern Limit	Southern Limit	Universal Time	Northern Limit	Southern Limit	Universal Time			
			h m s						
041 00.0E	38 36.20N	38 35.18N	11:40:01	37 25.11N	37 20.84N	11:42:02	122.6	-0.68	2.19
042 00.0E	38 05.68N	38 04.66N	11:42:18	36 54.72N	36 50.42N	11:44:20	122.8	-0.68	2.19
043 00.0E	37 34.76N	37 33.74N	11:44:35	36 24.00N	36 19.67N	11:46:37	122.9	-0.69	2.20
044 00.0E	37 03.49N	37 02.47N	11:46:50	35 52.99N	35 48.64N	11:48:52	123.0	-0.70	2.21
045 00.0E	36 31.92N	36 30.90N	11:49:03	35 21.75N	35 17.37N	11:51:06	123.0	-0.71	2.22
046 00.0E	36 00.10N	35 59.08N	11:51:15	34 50.32N	34 45.93N	11:53:17	123.0	-0.71	2.22
047 00.0E	35 28.07N	35 27.05N	11:53:25	34 18.75N	34 14.35N	11:55:27	122.9	-0.72	2.23
048 00.0E	34 55.90N	34 54.87N	11:55:33	33 47.09N	33 42.68N	11:57:34	122.8	-0.73	2.24
049 00.0E	34 23.62N	34 22.59N	11:57:39	33 15.40N	33 10.98N	11:59:38	122.7	-0.73	2.24
050 00.0E	33 51.29N	33 50.26N	11:59:42	32 43.66N	32 39.23N	12:01:40	122.5	-0.74	2.25
051 00.0E	33 19.00N	33 17.96N	12:01:42	32 12.03N	32 07.61N	12:03:38	122.3	-0.74	2.26
052 00.0E	32 46.72N	32 45.68N	12:03:40	31 40.50N	31 36.08N	12:05:34	122.1	-0.75	2.26
053 00.0E	32 14.54N	32 13.49N	12:05:34	31 09.12N	31 04.70N	12:07:26	121.8	-0.75	2.27
054 00.0E	31 42.50N	31 41.45N	12:07:25	30 37.93N	30 33.52N	12:09:15	121.6	-0.76	2.27
055 00.0E	31 10.64N	31 09.59N	12:09:13	30 06.96N	30 02.57N	12:11:00	121.2	-0.76	2.28
056 00.0E	30 39.00N	30 37.95N	12:10:58	29 36.26N	29 31.89N	12:12:42	120.9	-0.77	2.28
057 00.0E	30 07.63N	30 06.58N	12:12:38	29 05.85N	29 01.50N	12:14:20	120.5	-0.77	2.29
058 00.0E	29 36.55N	29 35.50N	12:14:15	28 35.77N	28 31.46N	12:15:55	120.1	-0.77	2.29
059 00.0E	29 05.80N	29 04.76N	12:15:49	28 06.05N	28 01.77N	12:17:25	119.7	-0.78	2.29
060 00.0E	28 35.41N	28 34.37N	12:17:19	27 36.71N	27 32.47N	12:18:52	119.3	-0.78	2.30
061 00.0E	28 05.41N	28 04.37N	12:18:45	27 07.77N	27 03.58N	12:20:15	118.8	-0.78	2.30
062 00.0E	27 35.80N	27 34.78N	12:20:07	26 39.25N	26 35.13N	12:21:34	118.4	-0.78	2.30
063 00.0E	27 06.62N	27 05.62N	12:21:25	26 11.18N	26 07.12N	12:22:50	117.9	-0.79	2.30
064 00.0E	26 37.88N	26 36.91N	12:22:39	25 43.56N	25 39.57N	12:24:01	117.4	-0.79	2.30
065 00.0E	26 09.60N	26 08.66N	12:23:50	25 16.38N	25 12.49N	12:25:09	116.9	-0.79	2.31
066 00.0E	25 41.85N	25 40.92N	12:24:57	24 49.71N	24 45.87N	12:26:13	116.4	-0.79	2.31
067 00.0E	25 14.56N	25 13.64N	12:26:00	24 23.52N	24 19.74N	12:27:14	115.9	-0.79	2.31
068 00.0E	24 47.76N	24 46.85N	12:27:00	23 57.83N	23 54.12N	12:28:11	115.4	-0.79	2.31
069 00.0E	24 21.46N	24 20.57N	12:27:56	23 32.64N	23 28.99N	12:29:04	114.9	-0.79	2.31
070 00.0E	23 55.66N	23 54.80N	12:28:48	23 07.94N	23 04.38N	12:29:54	114.4	-0.79	2.30
071 00.0E	23 30.37N	23 29.53N	12:29:37	22 43.75N	22 40.28N	12:30:40	113.9	-0.79	2.30
072 00.0E	23 05.59N	23 04.79N	12:30:23	22 20.07N	22 16.57N	12:31:23	113.4	-0.78	2.30
073 00.0E	22 41.31N	22 40.56N	12:31:05	21 56.89N	21 53.37N	12:32:03	112.9	-0.78	2.30
074 00.0E	22 17.61N	22 16.84N	12:31:44	21 34.21N	21 30.67N	12:32:39	112.4	-0.78	2.30
075 00.0E	21 54.45N	21 53.64N	12:32:19	21 12.03N	21 08.48N	12:33:12	111.9	-0.78	2.30
076 00.0E	21 31.79N	21 30.95N	12:32:52	20 50.35N	20 46.80N	12:33:43	111.4	-0.78	2.29
077 00.0E	21 09.63N	21 08.77N	12:33:21	20 29.17N	20 25.62N	12:34:10	110.9	-0.78	2.29
078 00.0E	20 47.97N	20 47.10N	12:33:47	20 08.47N	20 04.94N	12:34:34	110.4	-0.77	2.29
079 00.0E	20 26.81N	20 25.94N	12:34:11	19 48.25N	19 44.75N	12:34:56	109.9	-0.77	2.28
080 00.0E	20 06.15N	20 05.28N	12:34:31	19 28.51N	19 25.05N	12:35:14	109.4	-0.76	2.28
081 00.0E	19 45.99N	19 45.13N	12:34:49	19 09.17N	19 05.88N	12:35:30	108.9	-0.75	2.27
082 00.0E	19 26.62N	19 25.78N	12:35:04	18 49.92N	18 46.62N	12:35:44	108.3	-0.73	2.24
083 00.0E	19 06.49N	19 05.66N	12:35:17	18 32.36N	18 28.56N	12:35:54	107.6	-0.66	2.17
084 00.0E	18 47.98N	18 47.18N	12:35:26	18 13.57N	18 13.57N	12:36:02	107.4	-0.72	2.23

Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 25: THE SKY DURING TOTALITY AS SEEN FROM CENTER LINE AT 11:00 UT



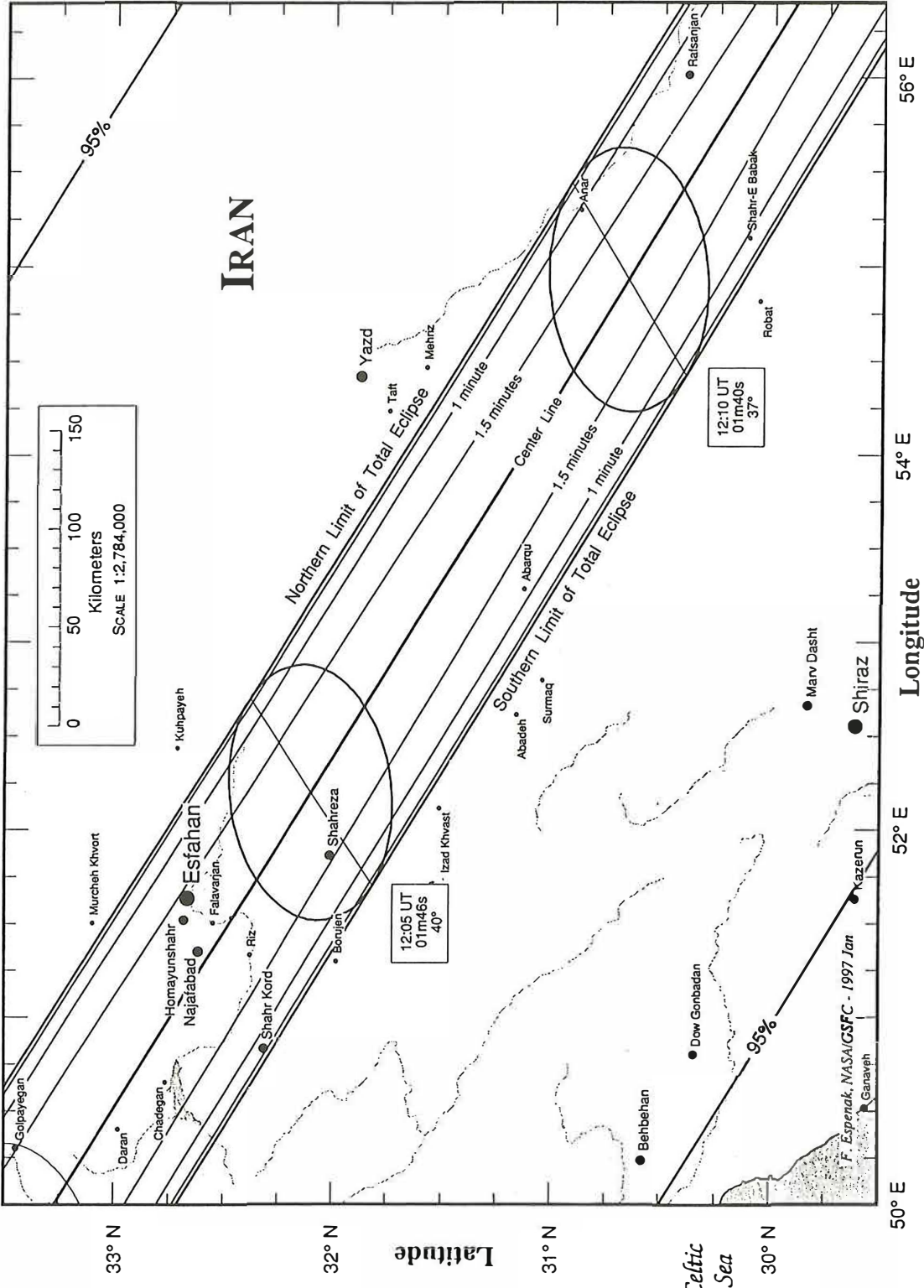
F. Espenak, NASA/GSFC - 96 May

Figure 25: The sky during totality as seen from the center line in Romania at 11:00 UT. Venus ($m=-3.5$) will be the most conspicuous planet located 15° east of the Sun. Mercury ($m=+0.7$) should also be visible 18° west of the Sun. The southwestern sky will be dominated by the bright stars of winter, including Capella ($m=+0.08$), Aldebaran ($m=+0.85v$), Procyon ($+0.38$), Betelgeuse ($+0.5v$), and Sirius ($m=-1.46$). Other bright stars which may also be visible include Spica ($m=+1.0v$), Arcturus ($m=-0.04$), and Regulus ($m=+1.35$).

For sky maps from other locations along the path of totality, see the special 1999 eclipse web site:
<http://planets.gsfc.nasa.gov/eclipse/TSE1999/TSE1999.html>

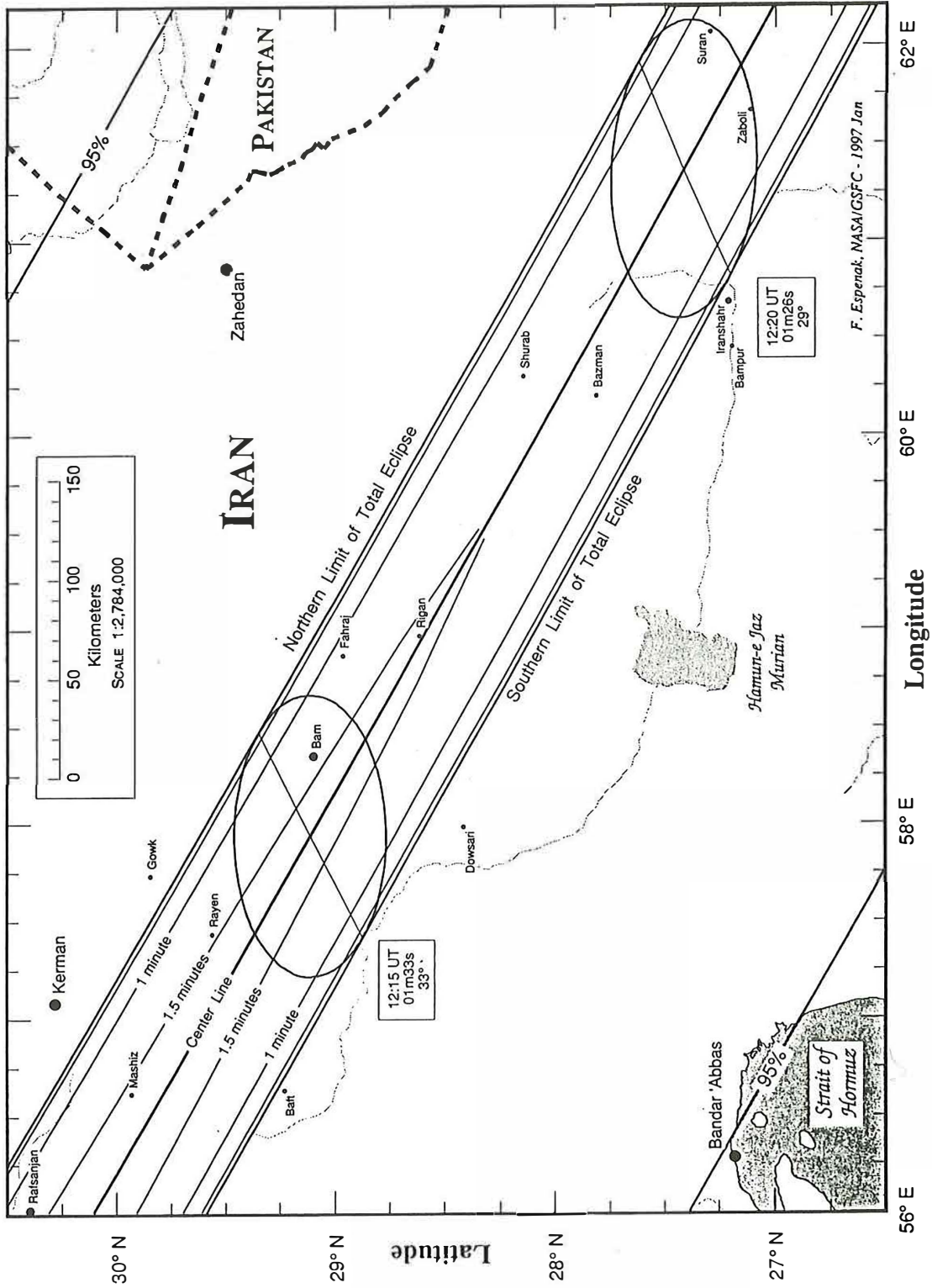
Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 14: THE ECLIPSE PATH THROUGH IRAN



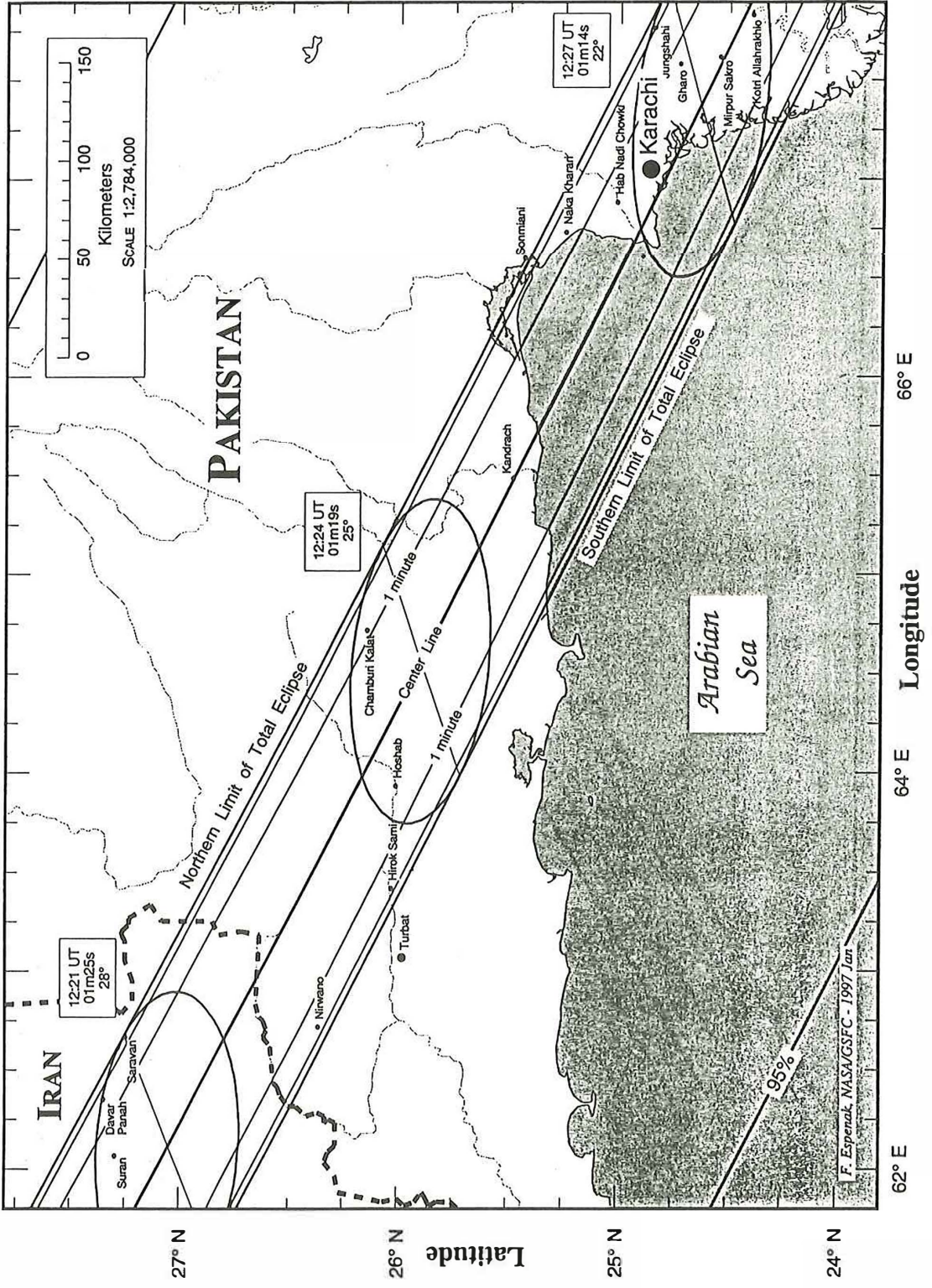
Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 15: THE ECLIPSE PATH THROUGH SOUTHERN IRAN



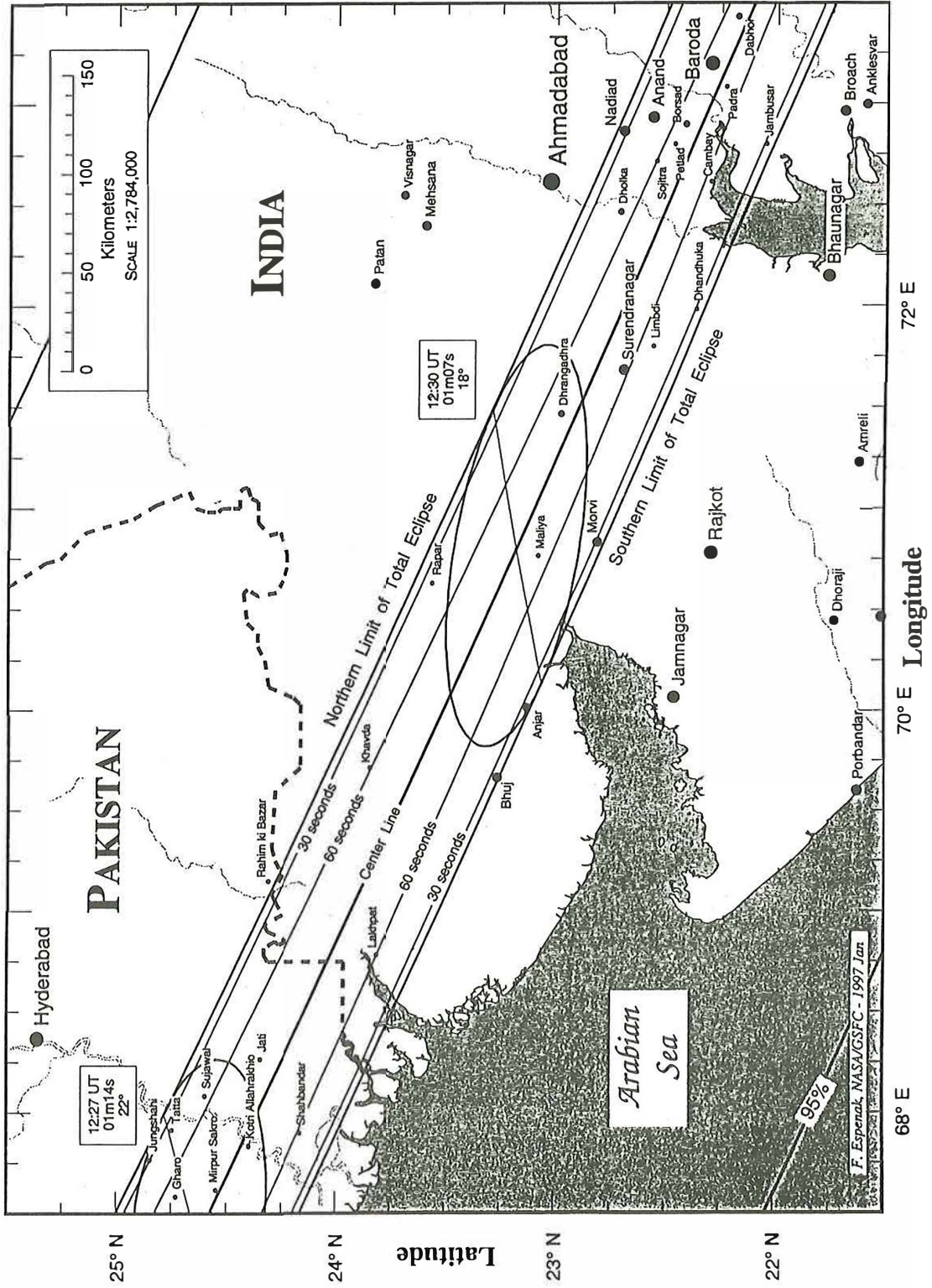
Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 16: THE ECLIPSE PATH THROUGH PAKISTAN



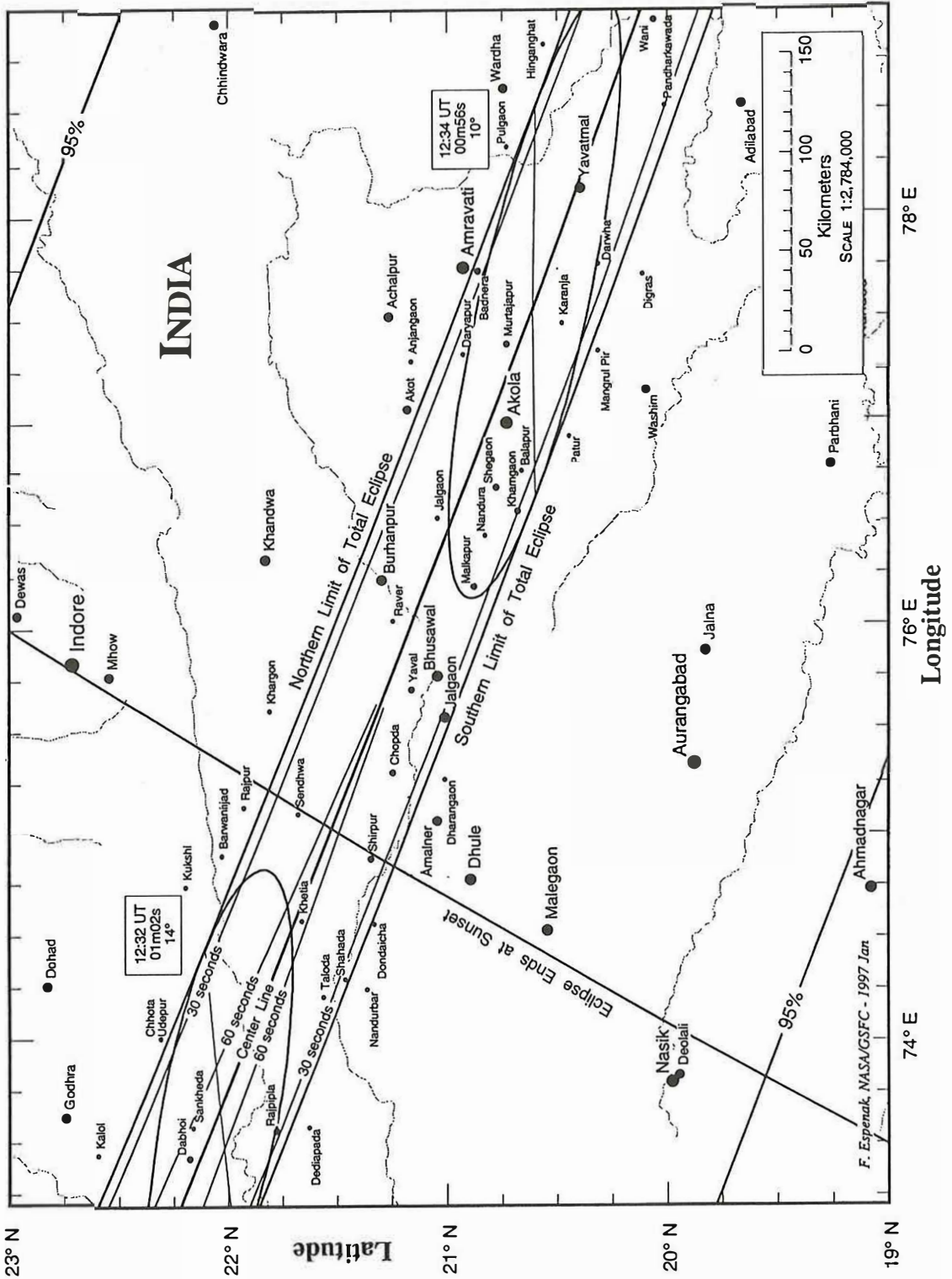
Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 17: THE ECLIPSE PATH THROUGH PAKISTAN AND INDIA



Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 18: THE ECLIPSE PATH THROUGH CENTRAL INDIA



Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 19: THE ECLIPSE PATH THROUGH EASTERN INDIA

