

震 源 (第12報)*

浅い地震の走時曲線の製作

高 木 聖**, 村 井 五 郎***

On the Origin of Earthquake (the 12 th paper)

Time Distance Curves for Shallow Earthquakes

S. TAKAGI (*Training School for Meteorological Observer*)

and

G. MURAI (*Seismological Section, C.M.O.*)

The authors present the time distance curves for shallow earthquakes based on the structure of the Mohorovičić layer as revealed in the previous paper. These curves are shown in Fig.5.

序

震源第9報(驗震時報第17卷1953年)により, Mohorovičić層の構造が明らかになったので, 浅い地震の走時表を作ることができるようになった。元來走時表は多くの人々によって作られている。和達清夫博士, 益田くにも氏, 驚坂清信氏などは1933年はじめて各深さの地震に対する走時表を計算された⁽¹⁾。J. B. Macelwane も同年, 地表面反射波も考慮に入れて同種の走時曲線を製作した⁽²⁾。1935年 G. J. Brunner も同種のものを作った⁽³⁾。1937年 B. Gutenberg, C. F. Richter は上記よりも詳細な走時表ならびに走時曲線を作った⁽⁴⁾。その後, 種々の相に対する走時の研究は多くの人々により行われたが, 一々こゝに記するのは, 繁雑になるので省くことにする。これらの研究の内, 外人のものはいずれも近い地震に対しては詳細に適用することができないように作られている。その他のものは比較的利用されやすいようにはできているが, 地震の深さにおいては, あまりにも大きく区分されているので, 詳しい研究には利用することができなかった。その上, 実際

* Received July 31, 1953.

** 中央気象台研修所, *** 中央気象台地震課

(1) K. Wadati, K. Sagisaka, & K. Masuda: On the Travel Time of Earthquake Waves (Part I), *Geophys. Mag.* 7 (1933)

(2) J. B. Macelwane: A Preliminary Table of observed Travel Times of Earthquake Waves for Distances between 10° and 180° applicable only to Normal Earthquakes. Department of Geophysics. Saint Louis University. (1933).

(3) G. J. Brunner: Focal Depth-Time-Distance Chart. Department of Geophysics. Saint Louis University. (1935).

(4) B. Gutenberg & C. F. Richter: Données relatives à l'étude des Tremblements de Terre à Foyer profond: Pub. Bur. Cent. Séism. Int. A. 15 (1937).

の走時とかなり食い違っていた。これは、実際にやられた人なら誰でも気付くことであつた。このことは地下の速度分布が実際のもつと異なっていることを物語っているのであるが、長い間これらの走時曲線を用いるより外、仕方がなかつたのである。

そこで、最初に述べた構造の場合、予想される P 波および S 波の走時表と走時曲線を地震の深さ 10 km ごとに求めたのである。その際予想される反射波の走時もついでに求めておいた。これは地震記象の験測にあたって益する所があると思う。

この走時曲線を従来のもつと比較するとかなり違っている。しかし実際の走時とは非常によく一致している。この事は Mohorovičić 層の構造が最初に述べたものと大体一致していることを物語っている。これを用いるときは地震の深さ 5 km の程度までは、かなりはつきりと求められる。

図および表の説明

地震の深さが 0~20 km の場合と 20~50 km の場合では、少し様子が違うので、深さが 10 km のものと 30 km のものを例にとって説明することにする。

第 1 図は深さ 10 km の場合の震波の進み方の図である。 D は深さを表わす。 v_p は P 波の速度、 O は震源である。 P_α は P 波の直達波であり、 P_β は松沢層 I から松沢層 II 中に屈折したものがふたたび地表に転向してきた P 波である。 P_γ は松沢層 I から II に屈折し、その層を通過して下層 (P 波の速度が 7.5 km/sec の所) に屈折したものが、ふたたび松沢層 II に屈折し直し、また I 中に屈折して地表に達した P 波である。 P_{t_1} は P 波が松沢層 I と II との境界 (この境界を松沢第 I 面とする) で全反射してきたもの。これが地表でまた反射し、またその境界で全反射してきたものは $P_{t_1r_1}$ となる。この様に松沢第 I 面で全反射した波には、その都度 t_1 の記号が付してあり、地表で反射したものは、その都度 r の記号が付してある。したがって $P_{t_1r_1} \dots$ ができるわけであるが、これは繁雑であるので $P_{t_1r_1}$ までしか計算していない。 P_{r_1} は P 波がまず地表で反射して、それが松沢第 I 面でまた全反射してきたものである。したがってこれも $P_{t_1r_1} \dots$ などができるが、 P_{r_1} しか計算していない。次に P_{t_2} というのは、松沢 II 層に屈折した P 波が松沢層 II の下面 (この境界を松沢第 II 面とする) で全反射されて地表に達したものである。したがってこれがまた地表で反射して、ふたたび松沢第 II 面で全反射されたものは $P_{t_2r_2}$ となる。この種のものも沢山できるが省略した。 P_{r_2} は P 波が先づ地表で反射し、それが松沢 II 層に屈折し、松沢第 II 面で全反射されてきたものである。これも $P_{r_2r_2} \dots$ ができるが省略した。 t_2 という記号は松沢第 II 面で全反射してきた波という意味である。 S 波についても同様である。

以上は松沢第 I 層中に起つた地震 (深さ 0~20 km の地震) には全部共通である。第 2 図は深さ 30 km の地震の場合であるが、松沢層 II 中に起つた地震 (深さ 20~50 km の地震) に対しては共通である。 P_α は P 波の直達波であつて、松沢第 I 面で屈折してきている。 P_γ は P 波の速度 7.5 km/sec

の層にいったん屈折したものがふたたび松沢層II中に屈折し直してきたP波である。P_{t2}はP波が松沢第II面で全反射して地表に達したものであり、これもまた地表で反射してまた松沢第II面で全反射してくるとP_{t2rt2}となる。この種のものも沢山できるので、ここまでに計算は止めておいた。P_{rt2}は直達波がいったん地表で反射して、松沢層I, IIを通り、松沢第II面で全反射して地表に達したP波である。これもP_{rt2rt2}...ができるが省略した。わずかにD = 50 kmのものに求めておいた。S波についても同様である。

したがってP~Sの間に、これらの波が達することになるが、必ず観測できるというものではない。しかし条件によっては非常に明らかにする場合があるので注意されたい。

計算方法

震源Oより観測点に達するまでの時間をtとし、その観測点と震央との距離をΔ, 地震の深さをdとすれば第1図のような場合(地震の深さ0~20 km)のP_αの走時は、

$$t_{P\alpha} = \frac{\sqrt{d^2 + \Delta^2}}{v_{p.1}} \quad (1)$$

にしたがって計算した。同じくP_βに対しては、

$$t_{P\beta} = \frac{\Delta}{v_{p.2}} + \frac{(2H_1 - d)\sqrt{v_{p.2}^2 - v_{p.1}^2}}{v_{p.1} \cdot v_{p.2}} \quad (2)$$

ただし $\Delta > (2H_1 - d) \frac{v_{p.1}}{\sqrt{v_{p.2}^2 - v_{p.1}^2}}$

により計算し、P_γに対しては、

$$t_{P\gamma} = (2H_1 - d) \frac{\sqrt{v_{p.3}^2 - v_{p.1}^2}}{v_{p.1} \cdot v_{p.3}} + 2H_2 \frac{\sqrt{v_{p.3}^2 - v_{p.2}^2}}{v_{p.2} \cdot v_{p.3}} + \frac{\Delta}{v_{p.3}} \quad (3)$$

ただし $\Delta > (2H_1 - d) \frac{v_{p.1}}{\sqrt{v_{p.3}^2 - v_{p.1}^2}} + 2H_2 \frac{v_{p.2}}{\sqrt{v_{p.3}^2 - v_{p.2}^2}}$

により計算した。H₁は松沢層Iの厚さである。

$$P_{t1} \text{ は } t_{Pt1} = \frac{\sqrt{(2H_1 - d_1)^2 + \Delta^2}}{v_{p.1}} \quad (4)$$

ただし $\Delta > \frac{v_{p.1}}{\sqrt{v_{p.2}^2 - v_{p.1}^2}} (2H_1 - d)$

同様に、P_{t1rt1}, P_{t1rt1}...は、松沢第I面での反射回数をnとすると、

$$t_{Pt1rt1\dots} = \frac{\sqrt{(2nH_1 - d)^2 + \Delta^2}}{v_{p.1}} \quad (5)$$

ただし $\Delta > \frac{v_{p.1}}{\sqrt{v_{p.2}^2 - v_{p.1}^2}} (2nH_1 - d)$

次にP_{rt1}は $t_{Prt1} = \frac{\sqrt{(2H_1 + d)^2 + \Delta^2}}{v_{p.1}} \quad (6)$

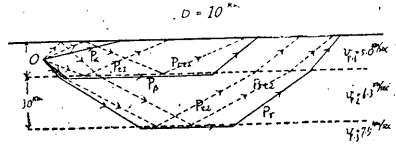


Fig. 1

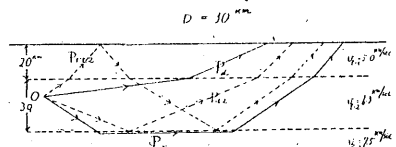


Fig. 2

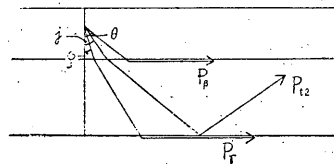


Fig. 3

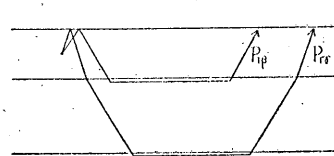


Fig. 4

同様に $P_{rt_1rt_1\dots}$ は $t_{P_{rt_1rt_1\dots}} = \frac{\sqrt{(2nH_1+d)^2 + \Delta^2}}{v_{p.1}}$ (7)

により求められる。次に P_{t_2} は (θ, j, φ は第3図参照)

$$t_{P_{t_2}} = \frac{2H_1-d}{v_{p.1}\cos j} + \frac{2H_2}{v_{p.2}\sqrt{1-\left(\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\sin j\right)^2}}$$

$$\Delta = (2H_1-d)\tan j + 2H_2 \frac{\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\sin j}{\sqrt{1-\left(\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\sin j\right)^2}} \quad (8)$$

ただし $\theta > j > \phi$, $\Delta > (2H_1-d)\sqrt{\frac{v_{p.1}}{v_{p.3}^2-v_{p.1}^2}} + 2H_2\sqrt{\frac{v_{p.2}}{v_{p.3}^2-v_{p.2}^2}}$

同様に $P_{t_2rt_2\dots}$ は $t_{P_{t_2rt_2\dots}} = \frac{2nH_1-d}{v_{p.1}\cos j} + \frac{2nH_2}{v_{p.2}\sqrt{1-\left(\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\sin j\right)^2}}$

$$\Delta = (2nH_1-d)\tan j + 2nH_2 \frac{\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\sin j}{\sqrt{1-\left(\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\sin j\right)^2}} \quad (9)$$

ただし、 j および Δ のとりうる範囲は (8) と同じである。

次に P_{rt_2} , $P_{rt_2rt_2\dots}$ はそれぞれ (8), (9) 式の中の符号を少し変えればよい。一般の場合として

$P_{rt_2rt_2\dots}$ を書くと、

$$t_{P_{rt_2rt_2\dots}} = \frac{2nH_1+d}{v_{p.1}\cos j} + \frac{2nH_2}{v_{p.2}\sqrt{1-\left(\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\sin j\right)^2}}$$

$$\Delta = (2nH_1+d)\tan j + 2nH_2 \frac{\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\sin j}{\sqrt{1-\left(\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\sin j\right)^2}} \quad (10)$$

ただし j および Δ のとりうる範囲は P_{t_2} の場合と同様にして得られる。

次に $P_{r\beta}$ は $t_{P_{r\beta}} = \frac{(2H_1+d)\sqrt{v_{p.2}^2-v_{p.1}^2}}{v_{p.1}\cdot v_{p.2}} + \frac{\Delta}{v_{p.2}}$ ただし $\Delta > (2H_1+d)\sqrt{\frac{v_{p.1}}{v_{p.2}^2-v_{p.1}^2}}$ (11)

又 $P_{r\gamma}$ は $t_{P_{r\gamma}} = (2H_1+d)\frac{\sqrt{v_{p.3}^2-v_{p.1}^2}}{v_{p.1}\cdot v_{p.3}} + 2H_2\frac{\sqrt{v_{p.3}^2-v_{p.2}^2}}{v_{p.2}\cdot v_{p.3}} + \frac{\Delta}{v_{p.3}}$ (12)

ただし $\Delta > (2H_1+d)\sqrt{\frac{v_{p.1}}{v_{p.3}^2-v_{p.1}^2}} + 2H_2\sqrt{\frac{v_{p.2}}{v_{p.3}^2-v_{p.2}^2}}$

次に震源が松沢第II層内にある場合を述べる(第2図参照)。この場合は松沢第1面から震源まで

の深さを d とする。まず P_α は、

$$t_{P_\alpha} = \frac{d}{v_{p.2}\cos\theta} + \frac{H_1}{v_{p.1}\sqrt{\left(\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\right)^2 - \sin^2\theta}}$$

$$\Delta = d\tan\theta + H_1 \frac{\sin\theta}{\sqrt{\left(\frac{v_{p.2}}{v_{p.1}}\right)^2 - \sin^2\theta}} \quad (13)$$

$$\text{次に } P_y \text{ は } t_{Py} = \frac{(2H_2 - d)\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,2}^2}}{v_{p,2} \cdot v_{p,3}} + \frac{H_1\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,1}^2}}{v_{p,1} \cdot v_{p,3}} + \frac{\Delta}{v_{p,3}} \quad (14)$$

$$\text{ただし } \Delta > \frac{v_{p,2}}{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,2}^2}}(2H_2 - d) + \frac{v_{p,1}}{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,1}^2}}H_1$$

$$\text{次に } P_{t_2} \text{ は } t_{P_{t_2}} = \frac{2H_2 - d}{v_{p,2} \cos \varphi} + \frac{H_1}{v_{p,1} \sqrt{\left(\frac{v_{p,2}}{v_{p,1}}\right)^2 - \sin^2 \varphi}} \quad (15)$$

$$\Delta = (2H_2 - d) \tan \varphi + H_1 \frac{\sin \varphi}{\sqrt{\left(\frac{v_{p,2}}{v_{p,1}}\right)^2 - \sin^2 \varphi}}$$

$$\text{ただし } \sin \varphi > \frac{v_{p,2}}{v_{p,3}}$$

同様に $P_{t_{2rt_2} \dots}$ は一般に (n を地表面での反射回数とすると)

$$t_{P_{t_{2rt_2} \dots}} = \frac{2(n+1)H_2 - d}{v_{p,2} \cos \varphi} + \frac{(2n+1)H_1}{v_{p,1} \sqrt{\left(\frac{v_{p,2}}{v_{p,1}}\right)^2 - \sin^2 \varphi}} \quad (16)$$

$$\Delta = [2(n+1)H_2 - d] \tan \varphi + (2n+1)H_1 \frac{\sin \varphi}{\sqrt{\left(\frac{v_{p,2}}{v_{p,1}}\right)^2 - \sin^2 \varphi}}$$

$$\text{ただし } \Delta > \frac{v_{p,2}}{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,2}^2}}[2(n+1)H_2 - d] + \frac{v_{p,1}}{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,1}^2}}(2n+1)H_1$$

$$\text{次に } P_{rt_2} \text{ は } t_{P_{rt_2}} = \frac{2H_2 + d}{v_{p,2} \cos \theta} + \frac{3H_1}{v_{p,1} \sqrt{\left(\frac{v_{p,2}}{v_{p,1}}\right)^2 - \sin^2 \theta}} \quad (17)$$

$$\Delta = (2H_2 + d) \tan \theta + 3H_1 \frac{\sin \theta}{\sqrt{\left(\frac{v_{p,2}}{v_{p,1}}\right)^2 - \sin^2 \theta}}$$

$$\text{ただし } \sin \theta > \frac{v_{p,2}}{v_{p,3}}$$

$$\text{かつ } \Delta > (2H_2 + d) \frac{v_{p,2}}{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,2}^2}} + 3H_1 \frac{v_{p,1}}{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,1}^2}}$$

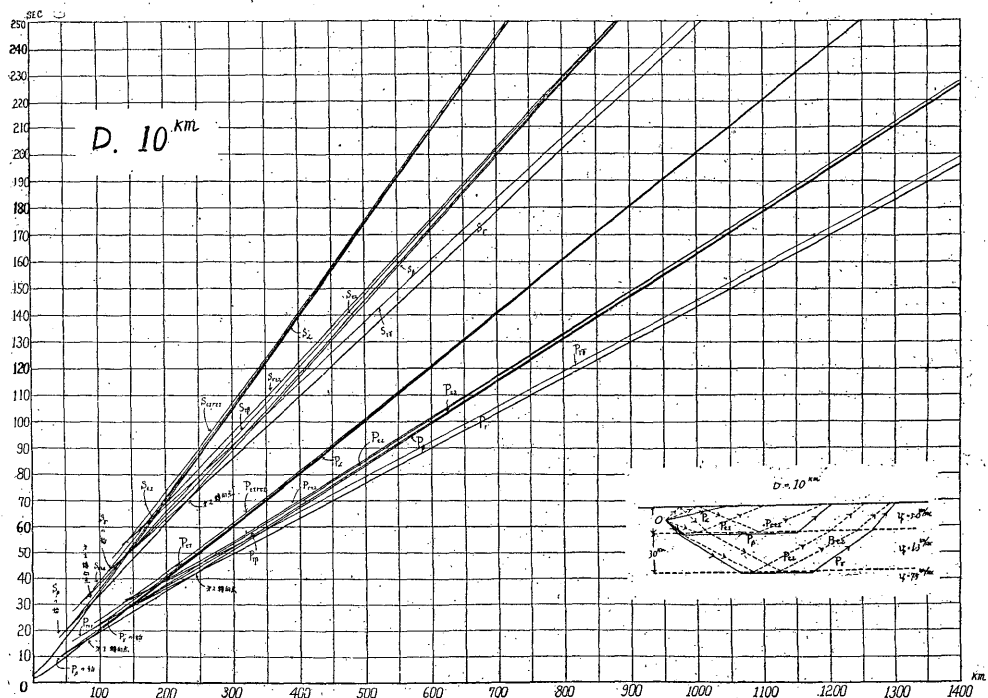
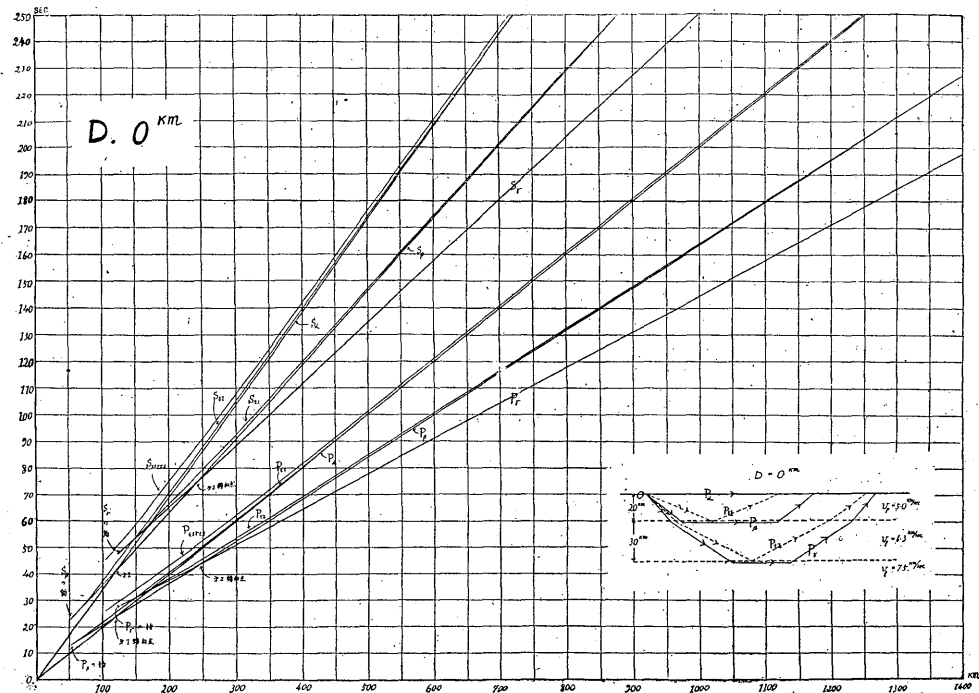
また P_{ry} は P_y と同様にして,

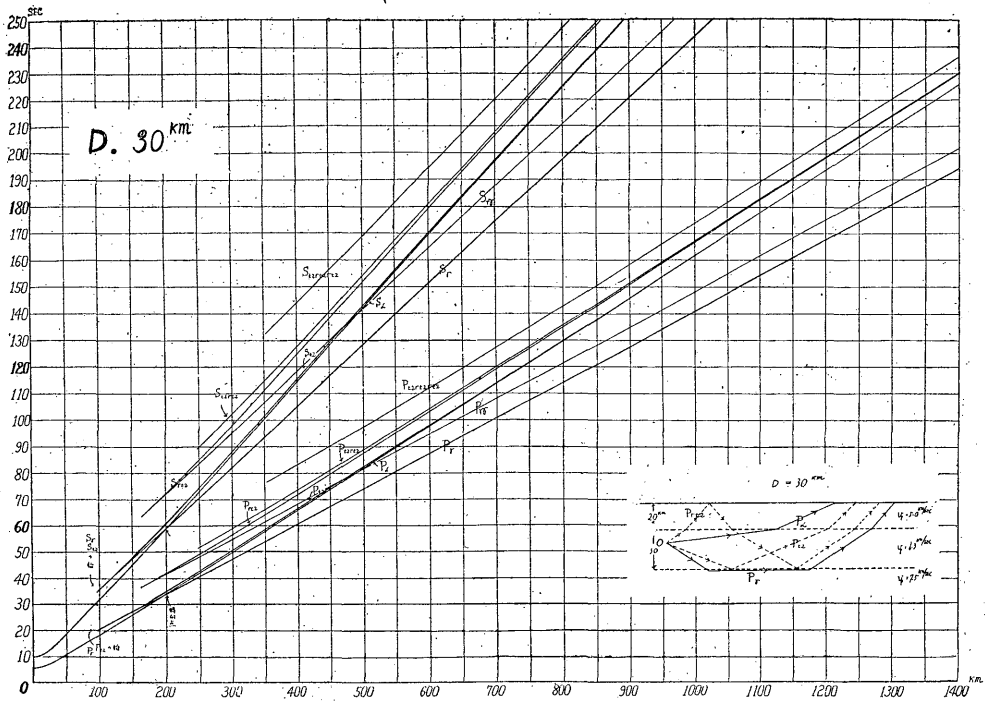
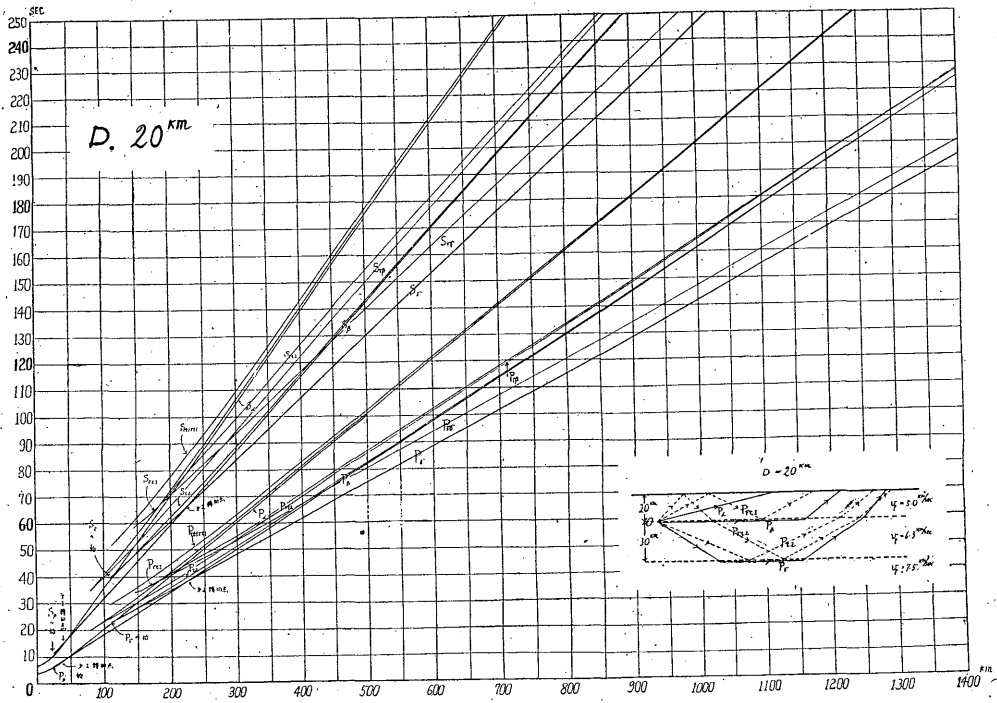
$$t_{P_{ry}} = (2H_2 + d) \frac{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,2}^2}}{v_{p,2} \cdot v_{p,3}} + 3H_1 \frac{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,1}^2}}{v_{p,1} \cdot v_{p,3}} + \frac{\Delta}{v_{p,3}} \quad (18)$$

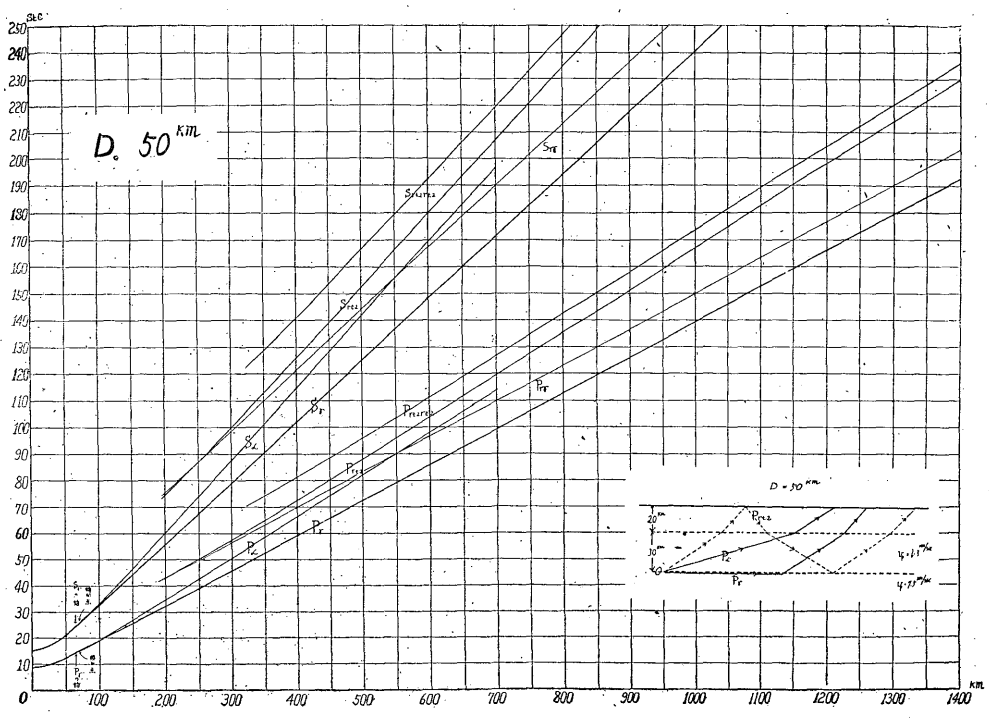
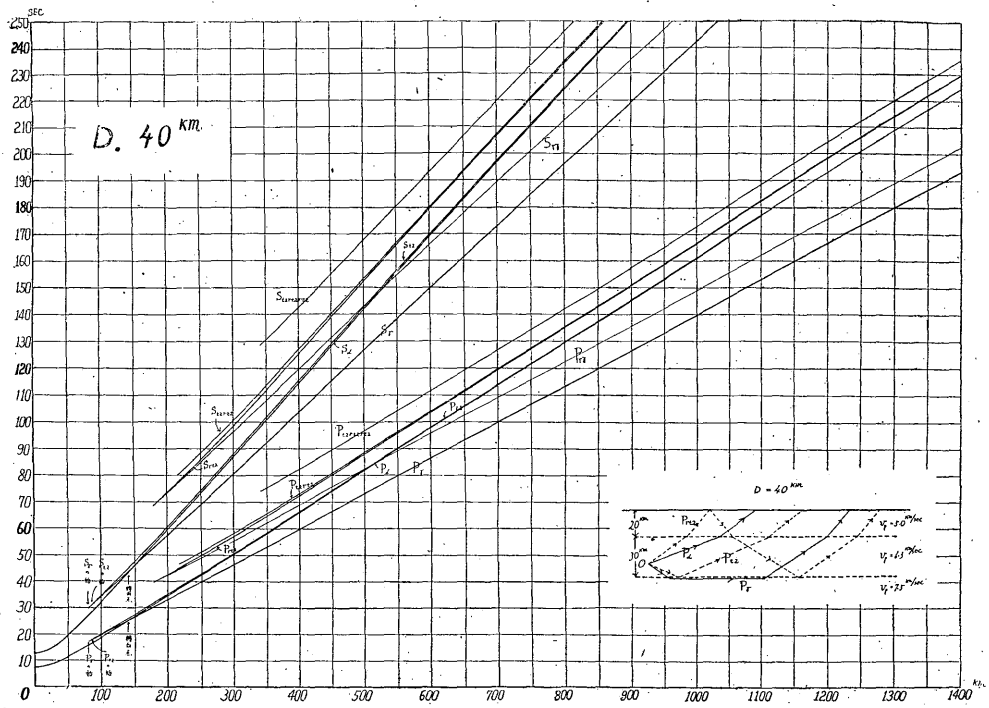
$$\text{ただし } \Delta > (2H_2 + d) \frac{v_{p,2}}{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,2}^2}} + 3H_1 \frac{v_{p,1}}{\sqrt{v_{p,3}^2 - v_{p,1}^2}}$$

以上の式に次の数値を入れて計算したのが次の表である。

$v_{p,1}=5.0\text{km/sec}$, $v_{p,2}=6.3\text{km/sec}$, $v_{p,3}=7.5\text{km/sec}$, $H_1=20\text{km}$, $H_2=30\text{km}$.
 この表を製図したものが、次の走時曲線図である。







D = 0 km

Phase △	P_{α}	P_{β}	P_{γ}	P_{t1}	P_{t2}	P_{t1t1}	S_{α}	S_{β}	S_{γ}	S_{t1}	S_{t2}	S_{t1t1}
km	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
0	0.0	—	—	—	—	—	0.0	—	—	—	—	—
20	4.0	—	—	—	—	—	6.9	—	—	—	—	—
40	8.0	—	—	—	—	—	13.9	—	—	—	—	—
60	12.0	14.4	—	14.4	—	—	20.8	24.9	—	24.9	—	—
80	16.0	17.6	—	17.8	—	—	27.7	30.5	—	30.8	—	—
100	20.0	20.7	—	21.6	—	—	34.6	35.9	—	37.4	—	—
120	24.0	23.9	—	25.4	—	28.8	41.6	41.4	—	44.0	—	49.9
140	28.0	27.1	29.8	29.2	29.8	32.2	48.5	46.9	51.6	50.6	51.6	55.8
160	32.0	30.3	32.5	33.0	32.6	35.6	55.4	52.5	56.3	57.2	56.5	61.7
180	36.0	33.4	35.1	37.0	35.5	39.4	62.4	57.8	60.8	64.1	61.5	68.2
200	40.0	36.6	37.8	40.8	38.4	43.2	69.3	63.4	65.5	70.7	66.5	74.8
220	44.0	39.8	40.5	44.8	41.4	47.0	76.2	68.9	70.1	77.6	71.7	81.4
240	48.0	43.0	43.1	48.6	44.4	50.8	83.1	74.5	74.6	84.2	76.9	88.0
260	52.0	46.1	45.8	52.6	47.4	54.6	90.1	79.8	79.3	91.1	82.1	94.6
280	56.0	49.3	48.5	56.6	50.5	58.4	97.0	85.4	80.4	98.0	87.5	101.1
300	60.0	52.5	51.1	60.6	53.6	62.2	103.9	90.9	88.5	105.0	92.8	107.7
320	64.0	55.7	53.8	64.6	56.6	66.0	110.8	96.5	93.2	111.9	98.0	114.3
340	68.0	58.8	56.5	68.6	59.7	70.0	117.7	101.8	97.9	118.8	103.4	121.2
360	72.0	62.0	59.1	72.4	62.8	74.0	124.7	107.4	102.4	125.4	108.8	128.2
380	76.0	65.2	61.8	76.4	65.9	77.8	131.6	112.9	107.0	132.3	114.1	134.7
400	80.0	68.4	64.5	80.4	69.1	81.6	138.6	118.5	111.7	139.3	119.4	141.3
420	84.0	71.5	67.1	84.4	72.3	85.6	145.5	123.8	116.2	146.2	125.2	148.3
440	88.0	74.7	69.8	88.4	75.5	89.6	152.4	129.4	120.9	153.1	130.8	155.2
460	92.0	77.9	72.5	92.4	78.6	93.0	159.3	134.9	125.6	160.0	136.1	161.1
480	96.0	81.1	75.1	96.4	81.8	97.4	166.3	140.5	130.1	167.0	141.7	168.7
500	100.0	84.2	77.8	100.4	85.0	101.4	173.2	145.8	134.7	173.9	147.2	175.6
520	104.0	87.4	80.5	104.4	88.2	105.3	180.1	151.4	139.4	180.8	152.8	182.4
540	108.0	90.6	83.1	108.4	91.3	113.2	187.1	156.9	143.9	187.7	158.1	189.3
560	112.0	93.8	85.8	112.4	94.4	117.2	194.0	162.5	148.6	194.7	163.5	196.1
580	116.0	96.9	88.5	116.2	97.5	121.2	200.9	167.8	153.3	201.3	168.9	203.0
600	120.0	100.1	91.1	120.2	100.7	125.2	207.8	173.4	157.8	208.2	174.4	209.9
620	124.0	103.3	93.8	124.2	103.9	129.1	214.8	177.2	162.5	215.1	180.0	216.8
640	128.0	106.5	96.5	128.2	107.1	133.1	221.7	184.5	167.1	222.0	185.5	223.6
660	132.0	109.6	99.1	132.2	110.2	137.0	228.6	189.8	171.6	229.0	190.9	230.5
680	136.0	112.8	101.8	136.2	113.3	141.0	235.6	195.4	176.3	235.9	196.2	237.3
720	144.0	119.2	107.1	144.2	119.6	148.8	249.4	206.5	185.5	249.8	207.1	251.0
760	152.0	125.5	112.5	152.2	126.0	156.7	263.3	217.4	194.9	263.6	218.2	264.6
800	160.0	131.9	117.8	160.2	132.4	164.7	277.1	228.5	204.0	277.5	229.3	278.3
840	168.0	138.2	123.1	168.2	138.7	172.6	291.0	239.4	213.2	291.3	240.2	292.2
880	176.0	144.5	128.5	176.2	145.0	180.6	304.8	250.3	222.6	305.2	251.1	305.9
920	184.0	150.9	133.8	184.2	151.3	184.6	318.7	261.4	231.7	319.0	262.1	319.7
960	192.0	157.2	139.1	192.2	157.7	192.6	332.5	272.3	240.9	332.9	273.1	333.6
1,000	200.0	163.6	144.5	200.2	164.0	200.6	346.4	283.4	250.3	346.7	284.0	347.4
1,040	208.0	169.9	149.8	208.2	170.3	208.6	360.3	294.3	259.5	360.0	295.0	361.3
1,080	216.0	176.3	155.1	216.2	176.6	216.6	374.1	305.4	268.6	374.5	305.9	375.2
1,120	224.0	182.7	160.5	224.2	183.0	224.6	388.0	316.4	278.0	388.3	317.0	389.0
1,160	232.0	189.0	165.8	232.2	189.2	232.5	401.8	327.3	287.2	402.2	327.7	402.7
1,200	240.0	195.3	171.1	240.2	195.5	240.5	415.7	338.3	296.3	416.0	338.6	416.5
1,240	248.0	201.7	176.5	248.2	201.9	248.5	429.5	349.3	305.7	429.9	349.7	430.4
1,280	256.0	208.0	181.8	256.2	208.1	256.5	443.4	360.3	314.9	443.7	360.4	444.3
1,320	264.0	214.4	187.1	264.2	214.5	264.5	457.2	371.3	324.1	457.6	371.5	458.1
1,360	272.0	220.7	192.5	272.2	220.7	272.5	471.1	382.3	333.4	471.5	382.3	472.0
1,400	280.0	227.1	197.8	280.2	227.1	280.5	485.0	393.3	342.6	485.3	393.3	485.8
1,440	288.0	233.4	203.1	288.2	233.4	288.4	498.8	404.2	351.8	499.2	404.2	499.7
1,480	296.0	239.8	208.5	296.2	239.8	296.4	512.7	415.3	361.0	513.0	415.3	513.5
1,500	300.0	243.0	211.1	300.2	243.0	300.4	519.6	420.9	365.6	519.9	420.9	520.5

D = 10 km

Phase Δ	P_{α}	P_{β}	P_{γ}	P_{t1}	P_{t2}	P_{rt1}	P_{rt2}	$P_{r\beta}$	$P_{r\gamma}$	P_{t1rt1}	S_{α}	S_{β}	S_{γ}	S_{t1}	S_{t2}	S_{rt1}	S_{rt2}	$S_{r\beta}$	$S_{r\gamma}$	S_{t1rt1}	
km	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
0	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	4.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	8.2	10.0	—	10.0	—	—	—	—	—	—	14.2	17.3	—	17.3	—	—	—	—	—	—	—
60	12.2	13.2	—	13.4	—	15.6	—	—	—	—	21.1	22.9	—	23.2	—	27.1	—	—	—	—	—
80	16.1	16.3	—	17.1	—	18.9	—	18.8	—	—	27.9	28.2	—	29.6	—	32.7	—	32.6	—	—	—
100	20.1	19.5	—	20.9	—	22.4	—	22.0	—	24.4	34.8	33.8	—	36.2	—	38.7	—	38.1	—	—	42.3
120	24.1	22.7	25.6	24.7	25.6	26.0	—	25.1	—	27.8	41.7	39.3	44.3	42.8	44.3	45.0	—	43.5	—	—	48.1
140	28.1	25.9	28.3	28.6	28.3	29.7	31.4	28.3	31.3	31.3	48.7	44.9	49.0	49.5	49.0	51.5	54.4	49.0	54.2	—	54.2
160	32.1	28.9	31.0	32.6	31.4	33.5	34.0	31.5	34.0	34.9	55.6	50.1	53.7	56.5	53.9	58.1	58.9	54.6	58.9	—	60.4
180	36.1	32.2	33.6	36.5	34.2	37.4	36.8	34.7	36.6	38.6	62.5	55.8	58.2	63.2	58.9	64.7	63.7	60.1	63.4	—	66.9
200	40.0	35.4	36.3	40.4	37.1	41.2	39.7	37.8	39.3	42.4	69.3	61.3	62.9	70.0	64.3	71.4	68.8	65.5	68.1	—	73.4
220	44.0	38.6	39.0	44.4	40.1	45.1	42.6	41.0	42.0	46.2	76.2	66.9	67.5	76.9	69.4	78.2	73.8	71.0	72.7	—	80.0
240	48.0	41.7	41.6	48.4	43.0	49.0	45.6	44.2	44.6	50.0	83.1	72.2	72.1	83.8	74.6	84.9	79.0	76.6	77.2	—	86.6
260	52.0	44.9	44.3	52.3	46.0	53.0	48.5	47.4	47.3	53.9	90.1	77.8	76.7	90.6	80.2	91.7	84.0	82.1	81.9	—	93.4
280	56.0	48.1	47.0	56.3	49.1	56.9	51.6	50.5	50.0	57.7	97.0	83.3	81.4	97.5	85.6	98.5	89.4	87.5	86.6	—	99.9
300	60.0	51.3	49.6	60.3	52.3	60.8	54.5	53.7	52.6	61.6	103.9	88.9	85.9	104.4	91.3	105.4	94.4	93.0	91.1	—	106.7
320	64.0	54.4	52.3	64.3	55.3	64.8	57.6	56.9	55.3	65.5	110.8	94.2	90.6	111.4	95.8	112.2	99.8	98.6	95.8	—	113.4
340	68.0	57.6	55.0	68.3	58.5	68.7	60.9	60.1	58.0	69.4	117.7	99.8	95.3	118.3	102.4	119.0	105.5	104.1	100.5	—	120.2
360	72.0	60.8	57.6	72.2	61.5	72.7	64.1	63.2	60.6	73.3	124.7	105.3	99.8	125.1	107.7	125.9	111.0	109.5	105.0	—	127.0
380	76.0	64.0	60.3	76.2	64.6	76.7	67.3	66.4	63.3	77.3	131.6	110.8	104.4	132.0	113.0	132.8	116.6	115.0	109.6	—	133.9
400	80.0	67.1	63.0	80.2	67.8	80.6	70.5	69.6	66.0	81.2	138.6	116.2	109.1	138.9	118.5	139.6	122.1	120.5	114.3	—	140.6
420	84.0	70.3	65.6	84.2	71.1	84.6	73.7	72.8	68.6	85.2	145.5	121.8	113.6	145.8	123.7	146.5	127.6	126.1	118.8	—	147.6
440	88.0	73.5	68.3	88.2	74.2	88.6	76.9	75.9	71.3	89.1	152.4	127.3	118.3	152.8	129.0	153.4	133.2	131.5	123.5	—	154.3
460	92.0	76.7	71.0	92.2	77.4	92.5	80.0	79.1	74.0	93.1	159.3	132.8	123.0	159.7	134.4	160.3	138.6	137.0	128.2	—	161.2
480	96.0	79.8	73.6	96.2	80.6	96.5	83.0	82.3	76.6	97.0	166.3	138.2	127.5	166.6	139.7	167.2	143.8	142.5	132.0	—	168.0
500	100.0	83.0	76.3	100.2	83.7	100.5	86.2	85.5	79.3	101.0	173.2	143.8	132.2	173.5	145.1	174.1	149.3	148.1	137.3	—	174.9
520	104.0	86.2	79.0	104.2	86.8	104.5	89.4	88.6	82.0	104.9	180.1	149.3	136.8	180.5	150.4	181.0	154.8	153.5	142.0	—	181.7
540	108.0	89.4	81.6	108.2	90.0	108.5	92.5	91.8	84.6	108.9	187.1	154.8	141.3	187.4	155.9	187.9	160.2	159.0	146.5	—	188.6
560	112.0	92.5	84.3	112.2	93.1	112.5	95.5	95.0	87.3	112.8	194.0	160.2	146.0	194.3	161.2	194.9	165.4	164.5	151.2	—	195.4
580	116.0	95.7	87.0	116.2	96.2	116.4	98.6	98.1	90.0	116.8	200.9	165.8	150.7	201.3	166.6	201.7	170.8	169.9	155.9	—	202.3
600	120.0	98.9	89.6	120.1	99.4	120.4	101.8	101.3	92.6	120.8	207.8	171.3	155.2	208.0	172.2	208.6	176.3	175.5	160.4	—	209.2
620	124.0	102.1	92.3	124.1	102.5	124.4	105.0	104.5	95.3	124.8	214.8	176.8	159.9	214.9	177.5	215.5	181.9	181.0	165.1	—	216.2
640	128.0	105.2	95.0	128.1	105.7	128.4	108.1	107.7	98.0	128.7	221.7	182.2	164.5	221.9	183.1	222.4	187.2	186.5	169.7	—	222.9
660	132.0	108.4	97.6	132.1	108.9	132.4	111.3	110.8	100.6	132.7	228.6	187.7	169.0	228.8	188.6	229.3	192.8	191.9	174.2	—	229.8
680	136.0	111.6	100.3	136.1	112.0	136.4	114.5	114.0	103.3	136.7	235.6	193.3	173.7	235.7	194.0	236.2	198.3	197.4	178.9	—	236.8
720	144.0	117.9	105.6	144.1	118.4	144.4	120.7	120.4	108.6	144.7	249.4	204.2	182.9	249.6	205.1	250.0	209.1	208.5	188.1	—	250.6
760	152.0	124.3	111.0	152.1	124.7	152.3	127.0	126.7	114.0	152.6	263.3	215.3	192.3	263.4	216.0	263.8	220.0	219.4	197.4	—	264.3
800	160.0	130.6	116.3	160.1	131.1	160.3	133.5	133.1	119.3	160.6	277.1	226.2	201.4	277.3	227.1	277.7	231.2	230.5	206.6	—	278.2

840	168.0	137.0	121.6	168.1	137.4	168.3	139.8	139.4	124.6	168.6	291.0	237.3	210.6	291.1	238.0	291.5	242.1	241.4	215.8	292.0
880	176.0	143.3	127.0	176.1	143.8	176.3	146.1	145.8	130.0	176.6	304.8	248.2	220.0	305.0	249.1	305.3	253.0	252.5	225.2	305.9
920	184.0	149.7	132.3	184.1	150.1	184.3	152.4	152.1	135.3	184.6	318.7	259.3	229.1	318.9	260.0	319.2	264.0	263.4	234.3	319.7
960	192.0	156.0	137.6	192.1	156.4	192.3	158.6	158.5	140.6	192.5	332.5	270.2	238.3	332.7	270.9	333.0	274.7	274.5	243.5	333.4
1,000	200.0	162.4	143.0	200.1	162.7	200.3	165.1	164.8	146.0	200.5	346.4	281.3	247.7	346.6	281.8	346.9	286.0	285.4	252.9	347.5
1,040	208.0	168.8	148.3	208.1	169.1	208.2	171.4	171.2	151.3	208.5	360.3	292.4	256.9	360.4	292.9	360.7	296.9	296.5	262.1	361.1
1,080	216.0	175.1	153.6	216.1	175.4	216.2	177.6	177.5	156.6	216.5	374.1	303.3	266.0	374.3	303.8	374.5	307.6	307.4	271.2	375.0
1,120	224.0	181.5	159.0	224.1	181.8	224.2	184.0	183.9	162.0	224.5	388.0	314.4	275.4	388.1	314.9	388.4	318.7	318.5	280.6	388.8
1,160	232.0	187.8	164.3	232.1	188.1	232.2	190.4	190.2	167.3	232.5	401.8	325.3	284.6	402.0	325.8	402.2	329.8	329.4	289.8	402.7
1,200	240.0	194.2	169.6	240.1	194.5	240.2	196.9	196.6	172.6	240.4	415.7	336.4	293.7	415.9	336.9	416.1	341.0	340.5	298.9	416.4
1,240	248.0	200.5	175.0	248.0	200.8	248.2	203.3	202.9	178.0	248.4	429.5	347.3	303.1	429.5	347.8	429.9	352.1	351.4	308.3	430.2
1,280	256.0	206.9	180.3	256.0	207.2	256.2	209.6	209.3	183.3	256.4	443.4	358.2	312.3	443.4	358.9	443.7	363.0	362.5	317.5	444.1
1,320	264.0	213.2	185.6	264.0	213.5	264.2	216.0	215.6	188.6	264.4	457.2	369.3	321.6	457.2	369.8	457.6	374.1	373.4	326.7	457.9
1,360	272.0	219.5	191.0	272.0	219.8	272.2	222.3	222.0	194.0	272.4	471.1	380.2	330.8	471.1	380.7	471.4	385.0	384.5	336.0	471.8
1,400	280.0	225.9	196.3	280.0	226.2	280.2	228.7	228.3	199.3	280.4	485.0	391.3	340.0	485.0	391.8	485.3	396.1	395.4	345.2	485.7
1,440	288.0	232.2	201.6	288.0	232.5	288.2	235.0	234.7	204.6	288.4	498.8	402.2	349.3	498.8	402.7	499.1	407.0	406.5	354.4	499.5
1,480	296.0	238.6	207.0	296.0	238.9	296.2	241.3	241.0	210.0	296.3	512.7	413.3	358.5	512.7	413.8	513.0	417.9	417.4	363.7	513.2
1,500	300.0	241.7	209.6	300.0	242.1	300.2	244.5	244.2	212.6	300.3	519.6	418.6	363.1	519.6	419.3	519.9	423.5	423.0	368.2	520.1

D = 20 km

Phase Δ	P										S								
	P_{α}	P_{β}	P_{γ}	P_{t2}	P_{rt1}	P_{rt2}	$P_{r\beta}$	$P_{r\gamma}$	P_{rt1rt1}	S_{α}	S_{β}	S_{γ}	S_{t2}	S_{rt1}	S_{rt2}	$S_{r\beta}$	$S_{r\gamma}$	S_{rt1rt1}	
km	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	
0	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	6.9	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	9.9	—	—	—	—	—	—	—	—	
40	8.9	8.8	—	—	—	—	—	—	—	15.4	15.2	—	—	—	—	—	—	—	
60	12.6	12.0	—	—	—	—	—	—	—	21.8	20.8	—	—	—	—	—	—	—	
80	16.5	15.1	—	—	—	20.1	—	20.0	—	28.6	26.2	—	—	34.8	—	34.6	—	—	
100	20.4	18.3	—	—	—	23.3	—	23.2	—	35.3	31.7	—	—	40.4	—	40.2	—	—	
120	24.3	21.5	24.2	24.0	26.7	—	—	26.4	—	42.1	37.2	41.9	41.6	46.2	—	45.7	—	—	
140	28.3	24.7	26.8	27.0	30.2	—	—	29.5	—	49.0	42.8	46.4	46.8	52.3	—	51.1	—	59.6	
160	32.2	27.8	29.5	29.8	34.0	35.5	—	32.7	35.4	55.8	48.1	51.1	51.6	58.9	61.5	56.6	61.3	65.1	
180	36.2	31.0	32.2	32.5	37.8	38.4	35.9	38.1	41.1	62.7	53.7	55.8	56.3	65.5	66.5	62.2	66.0	71.2	
200	40.2	34.2	34.8	35.5	41.6	41.3	38.1	40.8	44.8	69.6	59.2	60.3	61.5	72.1	71.5	66.0	70.7	77.6	
220	44.2	37.4	37.5	38.5	45.5	44.3	42.2	43.4	48.5	76.6	64.8	65.0	66.7	78.8	76.7	73.1	75.2	84.0	
240	48.2	40.5	40.2	41.6	49.5	47.2	45.4	46.1	52.3	83.5	70.1	69.6	72.1	85.7	81.8	78.6	79.8	90.6	
260	52.2	43.7	42.8	44.8	53.4	50.0	48.6	48.8	55.9	90.4	75.7	74.1	77.6	92.5	86.6	84.2	84.5	96.8	
280	56.1	46.9	45.5	47.9	57.3	52.9	51.7	51.4	59.6	97.2	81.2	78.8	83.0	99.2	91.6	89.5	89.0	103.2	
300	60.1	50.1	48.2	51.0	61.2	56.0	54.9	54.1	63.3	104.1	86.8	83.5	88.3	106.0	97.0	95.1	93.7	109.6	
320	64.1	53.2	50.8	54.0	65.1	59.0	58.1	56.8	67.0	111.0	92.1	88.0	93.5	112.8	102.2	100.6	98.4	116.0	
340	68.1	56.4	53.5	57.0	69.0	62.2	61.3	59.4	70.8	117.9	97.7	92.7	98.7	119.5	107.7	106.2	102.9	122.6	

Phase Δ	P_{α}	P_{β}	P_{γ}	P_{t2}	P_{rt1}	P_{rt2}	$P_{r\beta}$	$P_{r\gamma}$	P_{rt1rt1}	S_{α}	S_{β}	S_{γ}	S_{t2}	S_{rt1}	S_{rt2}	$S_{r\beta}$	$S_{r\gamma}$	S_{rt1rt1}
	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
360	72.1	59.6	56.2	60.2	72.9	65.5	64.4	62.1	74.5	124.9	103.2	97.3	104.3	126.3	113.4	111.5	107.6	129.0
380	76.1	62.8	58.8	63.3	76.9	68.6	67.6	64.8	78.5	131.8	108.8	101.8	109.6	133.2	118.8	117.1	112.2	136.0
400	80.1	65.9	61.5	66.5	80.9	71.8	70.8	67.4	82.4	138.7	114.1	106.5	115.2	140.1	124.4	122.6	116.7	142.7
420	84.1	69.1	64.2	69.6	84.9	74.9	74.0	70.1	86.3	145.7	119.7	111.2	120.5	147.0	129.7	128.2	121.4	149.5
440	88.1	72.3	66.8	72.8	88.8	78.1	77.1	72.8	90.3	152.6	125.2	115.7	126.1	153.8	135.3	133.5	126.1	156.4
460	92.1	75.4	69.5	76.0	92.6	81.3	80.3	75.4	94.2	159.5	130.6	120.4	131.6	160.4	140.8	139.1	130.6	163.2
480	96.1	78.6	72.2	79.2	96.6	84.4	83.5	78.1	98.1	166.4	136.1	125.1	137.2	167.3	146.2	144.6	135.3	169.9
500	100.1	81.8	74.8	82.4	100.6	87.5	86.7	80.8	102.0	173.4	141.7	129.6	142.7	174.2	151.6	150.2	139.9	176.7
520	104.1	85.0	77.5	85.5	104.6	90.6	89.8	83.4	106.0	180.3	147.2	134.2	148.1	181.2	156.9	155.5	144.4	183.6
540	108.1	88.1	80.2	88.7	108.6	93.8	93.0	86.1	110.0	187.2	152.6	139.0	153.6	188.1	162.5	161.1	149.1	190.5
560	112.1	91.3	82.8	91.9	112.6	96.9	96.2	88.8	113.9	194.2	158.1	143.4	159.2	195.0	167.8	166.6	153.8	197.3
580	116.1	94.5	85.5	95.0	116.6	100.0	99.4	91.4	117.8	201.1	163.7	148.1	164.5	202.0	173.2	172.2	158.3	204.0
600	120.1	97.7	88.2	98.1	120.6	103.1	102.5	94.1	121.7	208.0	169.2	152.8	169.9	208.9	178.6	177.5	163.0	210.8
620	124.1	100.8	90.8	101.3	124.6	106.3	105.7	96.8	125.7	214.4	174.6	157.3	175.5	215.8	184.1	183.1	167.7	217.7
640	128.1	104.0	93.5	104.5	128.6	109.5	108.9	99.4	129.7	221.9	180.1	161.9	181.0	222.7	189.7	188.6	172.2	224.6
660	132.1	107.2	96.2	107.6	132.6	112.6	112.1	102.1	133.6	228.8	185.7	166.2	186.4	229.7	195.0	194.2	176.8	231.4
680	136.1	110.4	98.8	110.8	136.6	115.8	115.2	104.8	137.6	235.7	191.2	171.1	191.9	236.6	200.6	199.5	181.5	238.3
720	144.1	116.7	104.2	117.1	144.6	122.0	121.6	110.1	145.5	249.6	202.1	180.5	202.8	250.4	211.3	210.6	190.7	252.0
760	152.1	123.1	109.5	123.5	152.6	128.4	127.9	115.4	153.5	263.4	213.2	189.7	213.9	264.3	222.4	221.5	199.9	265.9
800	160.0	129.4	114.8	129.9	160.5	134.6	134.3	120.8	161.4	277.1	224.1	198.8	225.0	278.0	233.1	232.6	209.2	279.5
840	168.0	135.8	120.2	136.2	168.3	141.0	140.6	126.1	169.3	291.0	235.2	208.2	235.9	291.5	244.2	243.5	218.4	293.2
880	176.0	142.1	125.5	142.6	176.3	147.3	147.0	131.4	177.2	304.8	246.1	217.4	247.0	305.4	255.1	254.6	227.6	306.9
920	184.0	148.5	130.8	148.9	184.3	153.5	153.3	136.8	185.0	318.7	257.2	226.5	257.9	319.2	265.9	265.5	236.9	320.4
960	192.0	154.8	136.2	155.2	192.3	159.9	159.7	142.1	192.9	332.5	268.1	235.9	268.8	333.1	276.9	276.6	246.1	334.1
1,000	200.0	161.2	141.5	161.6	200.3	166.3	166.0	147.4	200.9	346.4	279.2	245.1	279.9	346.9	288.0	287.5	255.3	348.0
1,040	208.0	167.5	146.8	167.9	208.3	172.6	172.4	152.8	208.7	360.3	290.1	254.3	290.8	360.9	298.9	298.6	264.6	361.5
1,080	216.0	173.9	152.2	174.1	216.3	179.0	178.7	158.1	216.6	374.1	301.2	263.6	301.5	374.6	310.0	309.5	273.8	375.2
1,120	224.0	180.2	157.5	180.5	224.3	185.3	185.1	163.4	224.6	388.0	312.1	272.8	312.6	388.5	320.9	320.6	283.0	389.0
1,160	232.0	186.6	162.8	186.9	232.3	191.6	191.4	168.8	232.6	401.8	323.2	282.0	323.7	402.3	331.9	331.5	292.4	402.9
1,200	240.0	192.9	168.2	193.2	240.3	198.1	197.8	174.1	240.6	415.7	334.1	291.3	334.6	416.2	343.1	342.6	301.5	416.7
1,240	248.0	199.3	173.5	199.6	248.3	204.5	204.1	179.4	248.9	429.5	345.2	300.5	345.7	430.1	354.2	353.5	310.7	430.6
1,280	256.0	205.6	178.8	205.9	256.3	210.8	210.5	184.8	256.6	443.4	356.1	309.7	356.6	443.9	365.1	364.6	320.1	444.4
1,320	264.0	212.0	184.2	212.3	264.3	217.3	216.8	190.1	264.5	457.2	367.2	319.0	367.7	457.8	376.4	375.5	329.3	458.1
1,360	272.0	218.3	189.5	218.6	272.3	223.6	223.2	195.4	272.5	471.1	378.1	328.2	378.6	471.6	387.3	386.6	338.4	472.0
1,400	280.0	224.7	194.8	224.9	280.3	230.0	229.5	200.8	280.5	485.0	389.2	337.4	389.5	485.5	398.4	397.5	347.8	485.8
1,440	288.0	231.0	200.2	231.3	288.3	236.4	235.9	206.1	288.5	498.8	400.1	346.7	400.6	499.3	409.4	408.6	357.0	499.7
1,480	296.0	237.4	205.5	237.6	296.3	242.7	242.2	211.4	296.5	512.7	411.2	355.9	411.5	513.2	420.4	419.5	366.1	513.5
1,500	300.0	240.5	208.2	240.8	300.3	245.9	245.4	214.1	300.5	519.6	416.5	360.6	417.1	520.1	425.9	425.0	370.8	520.5

D = 30 km

Phase	P_a	P_γ	P_{t2}	P_{rr}	P_{tr2}	P_{t2rt2}	$P_{t2rt2t2}$	S_a	S_γ	S_{t2}	S_{ry}	S_{rt2}	S_{t2rt2}	$S_{t2rt2t2}$
Δ	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
0	5.6	—	—	—	—	—	—	9.7	—	—	—	—	—	—
20	6.7	—	—	—	—	—	—	11.6	—	—	—	—	—	—
40	9.3	12.6	—	—	—	—	—	16.1	21.8	—	—	—	—	—
60	12.3	15.3	—	—	—	—	—	21.3	26.5	—	—	—	—	—
80	15.5	18.0	—	—	—	—	—	26.8	31.2	—	—	—	—	—
100	18.5	20.6	21.5	—	—	—	—	32.0	35.7	37.2	—	—	—	—
120	21.6	23.3	24.0	—	—	—	—	37.4	40.4	41.6	—	—	—	—
140	24.7	26.0	26.6	—	—	—	—	42.8	45.0	46.1	—	—	—	—
160	27.8	28.6	29.2	—	—	—	—	48.1	49.5	50.6	—	—	—	—
180	30.9	31.3	32.0	39.0	39.0	—	—	53.5	54.2	55.4	67.5	67.5	—	—
200	34.1	34.0	35.0	41.6	41.9	—	—	59.1	58.9	60.6	72.1	72.6	—	—
220	37.3	36.6	38.2	44.3	44.8	—	—	64.6	63.4	66.2	76.7	77.6	—	—
240	40.5	39.3	41.5	47.0	47.6	—	—	70.1	68.1	71.9	81.4	82.4	—	—
260	43.7	42.0	44.5	49.6	50.6	53.2	—	75.7	72.7	77.1	85.9	87.6	92.1	—
280	46.9	44.6	47.6	52.3	53.5	56.1	—	81.2	77.2	82.4	90.6	92.7	97.2	—
300	50.1	47.3	50.8	55.0	56.5	59.0	—	86.8	81.9	88.0	95.3	97.9	102.2	—
320	53.3	50.0	53.9	57.6	59.5	61.9	—	92.3	86.6	93.3	99.8	103.1	107.2	—
340	56.5	52.6	57.0	60.3	62.6	64.8	—	97.9	91.1	98.7	104.4	108.4	112.2	—
360	59.6	55.3	60.2	63.0	65.8	67.8	77.5	103.2	95.8	104.3	109.1	114.0	117.3	134.2
380	62.7	58.0	63.4	65.6	68.9	70.7	80.3	108.6	100.5	109.8	113.6	119.3	122.5	139.1
400	65.9	60.6	66.5	68.3	72.0	73.6	83.0	114.1	105.0	115.2	118.3	124.7	127.5	143.8
420	69.1	63.3	69.6	71.0	75.0	76.6	85.9	119.7	109.6	120.5	123.0	129.9	132.7	148.8
440	72.3	66.0	72.8	73.6	78.0	79.6	88.7	125.2	114.3	126.1	127.5	135.1	137.9	153.6
460	75.5	68.6	76.0	76.3	81.1	82.7	91.6	130.8	118.8	131.6	132.2	140.5	143.2	158.7
480	78.6	71.0	79.0	79.0	84.2	85.7	94.5	136.1	123.5	137.2	136.8	145.8	148.4	163.7
500	81.8	74.0	82.4	81.6	87.4	88.8	97.4	141.7	128.2	142.7	141.3	151.4	153.8	168.7
520	84.9	76.6	85.5	84.3	90.5	91.9	100.3	147.0	132.7	148.1	146.0	156.7	159.2	173.7
540	88.0	79.3	88.6	87.0	93.7	94.9	103.2	152.4	137.3	153.5	150.7	162.3	164.4	178.7
560	91.2	82.0	91.8	89.6	97.0	98.0	106.1	158.0	142.0	159.0	155.2	168.0	169.7	183.8
580	94.4	84.6	94.9	92.3	100.0	101.0	109.0	163.5	146.5	164.4	159.9	173.2	174.9	188.8
600	97.6	87.3	98.1	95.0	103.2	104.1	112.0	169.0	151.2	169.9	164.5	178.7	180.3	194.0
620	100.8	90.0	101.3	97.6	106.4	107.2	115.0	174.6	155.9	175.5	169.0	184.3	185.7	199.2
640	104.0	92.6	104.4	100.3	109.6	110.3	118.0	180.1	160.4	180.8	173.7	189.8	191.0	204.4
660	107.2	95.3	107.5	103.0	112.8	113.5	121.0	185.7	165.1	186.2	178.4	195.4	196.6	209.6
680	110.3	98.0	110.6	105.6	116.0	116.6	124.0	191.0	169.7	191.6	182.9	200.9	202.0	214.8
720	116.7	103.3	117.0	111.0	122.4	122.9	130.1	202.1	178.9	202.6	192.3	212.0	212.9	225.3
760	123.1	108.6	123.3	116.3	128.7	129.3	136.3	213.2	188.1	213.6	201.4	222.9	223.9	236.1
800	129.5	114.0	129.6	121.6	135.0	135.6	142.5	224.3	197.4	224.5	210.6	233.8	234.9	246.8
840	135.9	119.3	135.9	127.0	141.3	141.9	148.7	235.4	206.6	235.4	220.0	244.7	245.8	257.5
880	142.3	124.6	142.4	132.3	147.5	148.1	154.8	246.5	215.8	246.5	229.1	255.5	256.5	268.1
920	148.8	130.0	148.8	137.6	153.9	154.4	161.0	257.7	225.2	257.7	238.3	266.6	267.4	278.9
960	155.1	135.3	155.1	143.0	160.2	160.6	167.3	268.1	234.3	268.6	247.7	277.5	278.2	289.8
1,000	161.5	140.6	161.5	148.3	166.5	167.0	173.5	279.7	243.5	279.7	256.9	288.4	289.2	300.5
1,040	167.9	146.0	167.9	153.6	172.8	173.3	179.8	290.8	252.9	290.8	266.0	299.3	300.2	311.4
1,080	174.2	151.3	174.2	159.0	179.2	179.6	186.6	302.6	262.1	301.7	275.4	310.4	311.1	322.2
1,120	180.7	156.6	180.7	164.3	185.4	186.0	192.2	313.0	271.2	313.0	284.6	321.1	322.2	332.9
1,160	187.1	162.0	187.1	169.6	191.7	192.3	198.5	324.0	280.6	324.1	293.7	332.0	333.1	343.8
1,200	193.6	167.3	193.6	175.0	198.1	198.5	204.7	335.3	289.8	335.3	303.1	343.1	343.8	354.5
1,240	200.1	172.6	200.1	180.3	204.5	204.8	211.0	346.6	298.9	346.6	312.3	354.2	354.7	365.5
1,280	206.5	178.0	206.5	185.6	210.8	211.2	217.3	357.7	308.3	357.7	321.5	365.1	365.8	376.4
1,320	213.0	183.3	213.0	191.0	217.2	217.5	223.5	368.9	317.5	368.9	330.8	376.2	376.7	387.1
1,360	219.5	188.6	219.5	196.3	223.5	223.8	229.8	380.2	326.7	380.2	340.0	387.1	387.6	398.0
1,400	225.8	194.0	225.8	201.6	229.9	230.2	236.0	391.1	336.0	391.1	349.2	398.2	398.7	408.8
1,440	—	199.3	232.2	207.0	236.2	236.5	242.3	—	345.2	402.2	358.5	409.1	409.6	419.7
1,480	—	204.6	238.6	212.3	242.5	242.8	248.5	—	354.4	413.3	367.7	420.0	420.5	430.4
1,500	—	207.3	241.8	215.0	245.7	246.0	251.6	—	359.0	418.8	372.4	425.6	426.1	435.8

D = 40 km

Phase Δ	P_{α}	P_{γ}	P_{t2}	$P_{r\gamma}$	P_{rt2}	P_{t2r2}	$P_{t2r2rt2}$	S_{α}	S_{γ}	S_{t2}	$S_{r\gamma}$	S_{rt2}	S_{t2r2}	$S_{t2r2rt2}$
	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
0	7.2	—	—	—	—	—	—	12.5	—	—	—	—	—	—
20	8.2	—	—	—	—	—	—	13.9	—	—	—	—	—	—
40	10.1	—	—	—	—	—	—	17.5	—	—	—	—	—	—
60	12.7	—	—	—	—	—	—	22.0	—	—	—	—	—	—
80	15.7	17.1	—	—	—	—	—	27.2	29.6	—	—	—	—	—
100	18.8	19.8	19.8	—	—	—	—	32.6	34.3	34.3	—	—	—	—
120	21.9	22.4	22.8	—	—	—	—	37.9	38.8	39.5	—	—	—	—
140	25.0	25.1	25.8	—	—	—	—	43.3	43.5	44.7	—	—	—	—
160	28.1	27.8	28.8	—	—	—	—	48.7	48.1	49.9	—	—	—	—
180	31.2	30.4	31.9	39.8	39.8	—	—	54.0	52.7	55.3	68.9	68.9	—	—
200	34.4	33.1	34.9	42.5	42.4	—	—	59.6	57.3	60.4	73.6	73.4	—	—
220	37.5	35.8	38.0	45.2	45.3	46.7	—	65.0	62.0	65.8	78.3	78.5	80.9	—
240	40.7	38.4	41.1	47.8	48.2	49.6	—	70.5	66.5	71.2	82.8	83.5	85.9	—
260	43.9	41.1	44.3	50.5	51.1	52.5	—	76.0	71.2	76.7	87.5	88.5	90.9	—
280	47.0	43.8	47.4	53.2	54.0	55.3	—	81.4	75.9	82.1	92.1	93.5	95.8	—
300	50.2	46.4	50.6	55.8	57.0	58.2	—	86.9	80.4	87.6	96.6	98.7	100.8	—
320	53.4	49.1	53.8	58.5	60.0	61.1	—	92.5	85.0	93.2	101.3	103.9	105.8	—
340	56.6	51.8	57.4	61.2	63.1	64.0	74.0	98.0	89.7	99.4	106.0	109.3	110.8	128.2
360	59.7	54.4	60.1	63.8	66.1	67.1	76.8	103.4	94.2	104.0	110.5	114.5	116.2	133.0
380	62.9	57.1	63.2	66.5	69.2	70.1	79.5	108.9	98.9	109.5	115.2	119.9	121.4	137.7
400	66.0	59.8	66.4	69.2	72.3	73.2	82.2	114.3	103.6	115.0	119.9	125.2	126.8	142.4
420	69.2	62.4	69.5	71.8	75.4	76.2	85.0	119.9	108.1	120.4	124.4	130.6	132.0	147.2
440	72.4	65.1	72.6	74.5	78.5	79.3	87.9	125.4	112.8	125.7	129.0	136.0	137.3	152.2
460	75.5	67.8	75.8	77.2	81.6	82.3	90.8	130.8	117.4	131.3	133.7	141.3	142.5	157.3
480	78.7	70.4	79.0	79.8	84.7	85.4	93.7	136.3	121.9	136.8	138.2	146.7	147.9	162.3
500	81.8	73.1	82.2	82.5	87.8	88.5	96.7	141.6	126.6	142.4	142.9	152.1	153.3	167.5
520	84.9	75.8	85.3	85.2	90.9	91.6	99.6	147.0	131.3	147.7	147.6	157.4	158.7	172.5
540	88.0	78.4	88.5	87.8	94.0	94.7	102.6	152.4	135.8	153.3	152.1	162.8	164.0	177.7
560	91.2	81.1	91.6	90.5	97.1	97.8	105.5	158.0	140.5	158.7	156.7	168.2	169.4	182.7
580	94.4	83.8	94.8	93.2	100.3	100.9	108.5	163.5	145.1	164.2	161.4	173.7	174.8	187.9
600	97.6	86.4	98.0	95.8	103.4	104.0	111.5	169.0	149.6	169.7	165.9	179.1	180.1	193.1
620	100.8	89.1	101.2	98.5	106.5	107.1	114.5	174.6	154.3	175.3	170.6	184.5	185.5	198.3
640	104.0	91.8	104.3	101.2	109.7	110.2	117.6	180.1	159.0	180.6	175.3	190.0	190.9	203.7
660	107.2	94.4	107.5	103.8	112.9	113.3	120.7	185.7	163.5	186.2	179.8	195.5	196.2	209.1
680	110.4	97.1	110.6	106.5	116.0	116.5	123.8	191.2	168.2	191.6	184.5	200.9	201.8	214.4
720	116.7	102.4	117.0	111.8	122.4	122.7	129.9	202.1	177.4	202.6	193.6	212.0	212.5	225.0
760	123.0	107.8	123.3	117.2	128.7	129.0	135.9	213.0	186.7	213.6	203.0	222.9	223.4	235.4
800	129.3	113.1	129.6	122.5	135.0	135.3	142.0	223.9	195.9	224.5	212.2	233.8	234.3	245.9
840	135.7	118.4	136.0	127.8	141.3	141.6	148.1	235.0	205.1	235.6	221.3	244.7	245.3	256.5
880	142.0	123.8	142.3	133.2	147.6	147.8	154.3	245.9	214.4	246.5	230.7	255.6	256.0	267.2
920	148.4	129.1	148.6	138.5	154.0	154.1	160.6	257.0	223.6	257.4	239.9	266.7	266.9	278.2
960	154.7	134.4	155.0	143.8	160.3	160.4	166.8	267.9	232.8	268.5	249.1	277.6	277.8	288.9
1,000	161.0	139.8	161.3	149.2	166.5	166.7	173.1	278.9	242.1	279.4	258.4	288.4	288.7	299.8
1,040	167.4	145.1	167.6	154.5	172.9	173.0	179.3	289.9	251.3	290.3	267.7	299.5	299.6	310.5
1,080	173.7	150.4	174.6	159.8	179.1	179.3	185.6	300.8	260.5	301.4	276.8	310.2	310.5	321.5
1,120	180.1	155.8	180.3	165.2	185.5	185.7	191.8	311.9	269.8	310.3	286.1	321.3	321.6	332.2
1,160	186.5	161.1	186.6	170.5	191.8	192.1	198.1	323.0	279.0	323.2	295.3	332.2	332.7	343.1
1,200	192.8	166.4	193.0	175.8	198.2	198.5	204.4	333.9	288.2	334.3	304.5	343.3	343.8	354.0
1,240	199.2	171.8	199.4	181.2	204.5	204.8	210.7	345.0	297.6	345.4	313.8	354.2	354.7	364.9
1,280	206.5	177.1	205.7	186.5	210.9	211.1	217.0	357.7	306.7	356.3	323.0	365.3	365.6	375.8
1,320	211.8	182.4	212.1	191.8	217.3	217.4	223.3	366.8	315.9	367.4	332.2	376.4	376.5	386.8
1,360	218.2	187.8	218.5	197.2	223.6	223.6	229.6	377.9	325.3	378.4	341.6	387.3	387.3	397.7
1,400	224.5	193.1	224.8	202.5	229.9	230.0	235.9	388.8	334.4	389.4	350.7	398.2	398.4	408.6
1,440	230.8	198.4	231.2	207.8	236.3	236.2	242.3	399.7	343.6	400.4	359.9	409.3	409.1	419.7
1,480	237.2	203.8	237.5	213.2	242.6	242.5	248.6	410.8	353.0	411.4	369.3	420.2	420.0	430.6
1,500	240.3	206.4	240.6	215.8	245.7	245.7	251.7	416.2	357.5	416.7	373.8	425.6	425.6	435.9

D = 50 km

Phase Δ	P_{α}	P_{γ}	$P_{\gamma\gamma}$	P_{rt2}	P_{rt2rt2}	S_{α}	S_{γ}	$S_{\gamma\gamma}$	S_{rt2}	S_{rt2rt2}
	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
km	8.8	—	—	—	—	15.3	—	—	—	—
0	9.5	—	—	—	—	16.5	—	—	—	—
20	11.3	—	—	—	—	19.6	—	—	—	—
40	13.7	—	—	—	—	23.7	—	—	—	—
60	16.3	16.2	—	—	—	28.2	28.1	—	—	—
80	19.1	18.9	—	—	—	33.1	32.7	—	—	—
100	22.2	21.6	—	—	—	38.5	37.4	—	—	—
120	25.3	24.2	—	—	—	43.8	41.9	—	—	—
140	28.5	26.9	—	—	—	49.4	46.6	—	—	—
160	31.5	29.6	—	—	—	54.6	51.3	—	—	—
180	34.7	32.2	43.4	43.2	—	60.1	55.8	75.2	74.8	—
200	37.9	34.9	46.0	46.0	—	65.6	60.4	79.7	79.7	—
220	41.0	37.6	48.7	48.9	—	71.0	65.1	84.3	84.7	—
240	44.1	40.2	51.4	51.7	—	76.4	69.6	89.0	89.5	—
260	47.3	42.9	54.0	54.7	—	81.9	74.3	93.5	94.7	—
280	50.4	45.6	56.7	57.6	—	87.3	79.0	98.2	99.8	—
300	53.6	48.2	59.4	60.5	—	92.8	83.5	102.9	104.8	—
320	56.7	50.9	62.0	63.5	72.9	98.2	88.2	107.4	110.0	126.3
340	59.9	53.6	64.7	66.5	75.6	103.7	92.8	112.1	115.2	130.9
360	63.0	56.2	67.4	69.5	78.4	109.1	97.3	116.7	120.4	135.8
380	66.2	58.9	70.0	72.5	81.3	114.7	102.0	121.2	125.6	140.8
400	69.3	61.6	72.7	75.5	84.2	120.0	106.6	125.9	130.8	145.8
420	72.4	64.2	75.4	78.6	87.1	125.4	111.2	130.6	136.1	150.9
440	75.5	66.9	78.0	81.7	90.0	130.8	115.9	135.1	141.5	155.9
460	78.7	69.6	80.7	84.8	93.0	136.3	120.5	139.8	146.9	161.1
480	81.9	72.2	83.4	87.9	96.0	141.9	125.1	144.4	152.2	166.3
500	85.1	74.9	86.0	91.2	99.0	147.4	129.7	149.7	158.0	171.5
520	88.3	77.6	88.7	94.3	102.0	152.9	134.4	153.6	163.3	176.7
540	91.5	80.2	91.4	97.6	105.0	158.5	138.9	158.3	169.0	181.9
560	94.7	82.9	94.0	100.8	108.0	164.0	143.6	162.8	174.6	187.1
580	97.8	85.6	96.7	103.9	111.0	169.4	148.3	167.5	180.0	192.3
600	101.0	88.2	99.4	107.1	114.1	174.9	152.8	172.2	185.5	197.6
620	104.2	90.9	102.0	110.2	117.2	180.5	157.4	176.7	190.9	203.0
640	107.4	93.6	104.7	113.4	120.3	186.0	162.1	181.3	196.4	208.4
660	110.6	96.2	107.4	116.5	123.5	191.6	166.6	186.0	201.8	213.9
680	116.9	101.6	112.7	122.8	129.8	202.5	176.0	195.2	212.7	224.8
700	123.3	106.9	118.0	129.0	136.1	213.6	185.2	204.4	223.4	235.7
720	129.7	112.2	123.4	135.4	142.4	224.6	194.2	213.7	234.5	246.6
740	136.1	117.6	128.7	141.6	148.6	235.7	203.7	222.9	245.3	257.4
760	142.4	122.9	134.0	147.9	154.9	246.6	212.9	232.1	251.2	268.3
780	148.8	128.2	139.4	154.2	161.1	257.7	222.0	241.4	267.1	279.0
800	155.2	133.6	144.7	160.5	167.3	268.8	231.4	250.6	278.0	289.8
820	161.7	138.9	150.0	166.8	173.5	280.1	240.6	259.8	288.9	300.5
840	168.2	144.2	155.4	173.1	179.8	291.3	249.8	269.2	299.8	311.4
860	174.6	149.6	160.7	179.4	186.0	302.4	259.1	278.3	310.7	322.2
880	181.0	154.9	166.0	185.7	192.2	313.5	268.3	287.5	321.6	332.9
900	187.4	160.2	171.4	192.0	198.4	324.6	277.5	296.9	332.5	343.6
920	193.8	165.6	176.7	198.4	204.6	335.5	286.8	306.0	343.6	354.4
940	200.2	170.9	182.0	204.7	210.9	346.7	296.0	315.2	354.5	365.3
960	206.7	176.2	187.4	211.1	217.1	358.0	305.2	324.6	365.6	376.0
980	213.2	181.6	192.7	217.3	223.3	369.3	314.5	333.8	376.4	386.8
1,000	219.6	186.9	198.0	223.6	229.6	380.3	323.7	342.9	387.3	397.7
1,020	226.0	192.2	203.4	230.0	235.9	391.4	332.9	352.3	398.4	408.6
1,040	232.4	197.6	208.7	236.2	242.1	402.5	342.2	361.5	409.1	419.3
1,060	238.8	202.9	214.0	242.5	248.3	413.6	351.4	370.6	420.0	430.1
1,080	242.0	205.6	216.7	245.6	251.5	419.1	356.1	375.3	425.4	435.6