横浜市道路台帳測量作業規程

付録６　計算式集

（平成２４年３月改訂／令和３年度改訂版）

新旧比較対照表

横浜市道路台帳測量作業規程（平成 24 年 3 月改訂）	横浜市道路台帳測量作業規程（令和３年度改訂版）	コメント
基　準　点　測　量 **1．楕円体の原子及び諸公式** **1.1　楕円体の原子** 地球の形状及び大きさについて、測量法施行令第３条に定める楕円体の値による。 長半径 $a = 6{,}378{,}137\mathrm{m}$ 扁平率 $f = \dfrac{1}{298.257222101}$ **1.2　楕円体の諸公式** $M = \dfrac{a(1-e^2)}{W^3} = \dfrac{c}{V^3}$，$N = \dfrac{a}{W} = \dfrac{c}{V}$ $R = \sqrt{MN} = \dfrac{b}{W^2} = \dfrac{c}{V^2}$ $W = \sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}$，$V = \sqrt{1-e^2\cos^2\phi}$ $f = \dfrac{a-b}{a} = 1-\sqrt{1-e^2} = \dfrac{1}{F}$ $b = a\sqrt{1-e^2} = \dfrac{c}{1+e'^2} = a(1-f) = \dfrac{a(F-1)}{F}$ $c = \dfrac{a^2}{b} = \dfrac{a}{\sqrt{1-e^2}} = a\sqrt{1+e'^2} = b(1+e'^2) = \dfrac{a}{1-f} = a\dfrac{\frac{1}{f}}{\frac{1}{f}-1} = \dfrac{aF}{F-1}$ $e = \sqrt{\dfrac{a^2-b^2}{a^2}} = \sqrt{\dfrac{e'^2}{1+e'^2}} = \sqrt{2f-f^2} = \dfrac{\sqrt{2F-1}}{F}$ $e' = \sqrt{\dfrac{a^2-b^2}{b^2}} = \sqrt{\dfrac{e^2}{1-e^2}} = \dfrac{\sqrt{2\frac{1}{f}-1}}{\frac{1}{f}-1} = \dfrac{\sqrt{2F-1}}{F-1}$ ただし、 a　：長半径 b　：短半径 c　：極での曲率半径 f　：扁平率 F　：逆扁平率 M　：子午線曲率半径 N　：卯酉線曲率半径 R　：平均曲率半径 e　：第一離心率 e'　：第二離心率 Φ　：緯度	**基　準　点　測　量** **1.　楕円体の原子及び諸公式** **1.1　楕円体の原子** 地球の形状及び大きさについて、測量法施行令第３条に定める楕円体の値による。 長半径 $a = 6{,}378{,}137\mathrm{m}$,　扁平率 $f = \dfrac{1}{298.257222101}$ **1.2　楕円体の諸公式** $M = \dfrac{a(1-e^2)}{W^3}$，$N = \dfrac{a}{W}$，$R = \sqrt{MN} = \dfrac{b}{W^2}$ $f = \dfrac{a-b}{a} = 1-\sqrt{1-e^2} = \dfrac{1}{F}$，$e = \sqrt{\dfrac{a^2-b^2}{a^2}} = \sqrt{2f-f^2} = \dfrac{\sqrt{2F-1}}{F}$ $b = a\sqrt{1-e^2} = a(1-f) = \dfrac{a(F-1)}{F}$，$W = \sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}$ ただし、 a：長半径　b：短半径　f：扁平率　F：逆扁平率　e：離心率 M：子午線曲率半径　N：卯酉線曲率半径　R：平均曲率半径　φ：緯度	数式を整理。 「第二離心率の数式」を削除。 「離心率」に修正。 「第二離心率」を削除。

横浜市道路台帳測量作業規程（平成 24 年 3 月改訂）	横浜市道路台帳測量作業規程（令和３年度改訂版）	コメント
2.　セオドライト及び測距儀又はトータルステーションを使用した場合の計算式 2.1　距離計算 2.1.1 測距儀の気象補正計算 $D = D_s \frac{n_s}{n} = D_s + (\Delta_s - \Delta_n) D_s$ ただし、 $n_s = (1+\Delta_s)$　：測距儀が採用している標準屈折率 $n = (1+\Delta_n)$　：気象観測から得られた屈折率 $\Delta_n = a\frac{P}{273.15+t} - E$ $a = \frac{273.15}{1013.25}(n_g - 1)$ $n_g - 1 = \left(287.6155 + \frac{4.88660}{\lambda^2} + \frac{0.06800}{\lambda^4}\right) \cdot 10^{-6}$ ただし、 $E = 0.6 \cdot 10^{-6}$ D　：気象補正済みの距離（m） D_s　：観測した距離（m） P　：測点１と測点２の平均気圧（ｈＰａ） t　：測点１と測点２の平均気温（℃） n_g　：群速度に対する屈折率 λ　：光波の実効波長（μm） 2.1.2 気圧、気温を求める計算 (1) 標高による気圧の計算式 $P_2 = 1013.25 \cdot 10^{-\frac{H}{67.58T}}$ (2) 高低差による気圧の計算式 （ｉ）$P_2 = P_1 \cdot 10^{-\frac{\Delta H}{67.58T}}$ （ⅱ）$P_2 = P_1 - 0.12\Delta H$ (3) 高低差による気温の計算式 $t' = t - 0.005\Delta H$ (4) 温度補正計算（鋼巻尺使用） D＝Ds＋Ds（ｔ－ｔ$_0$）α Ds：測定距離（定数補正ずみの値） ｔ：鋼巻尺の温度（℃） ｔ$_0$：標準温度 α：膨張係数 ただし、 P_1　：計算の基準とした測点で観測した気圧（ｈＰａ） P_2　：求めようとする測点の気圧（ｈＰａ） T＝273.15＋ t　：絶対温度（K） t　：計算の基準とした測点で観測した気温（℃） t'　：求めようとする測点の気温（℃） H　：求めようとする測点の標高（m） ΔH　：計算の基準とした測点の標高（H_1）と求めようとする測点の標高（H_2） との高低差$H_2 - H_1$（m）	2.　セオドライト及び測距儀又はトータルステーションを使用した場合の計算式 2.1　距離計算 2.1.1 測距儀の気象補正計算 $D = D_s \frac{n_s}{n} = D_s + (\Delta_s - \Delta_n) D_s$ ただし、 $n_s = (1+\Delta_s)$　：測距儀が採用している標準屈折率 $n = (1+\Delta_n)$　：気象観測から得られた屈折率 $\Delta_n = a\frac{P}{273.15+t} - E$ $a = \frac{273.15}{1013.25}(n_g - 1)$ $n_g - 1 = \left(287.6155 + \frac{4.88660}{\lambda^2} + \frac{0.06800}{\lambda^4}\right) \times 10^{-6}$ ただし、 $E = 0.6 \times 10^{-6}$ D　：気象補正済みの距離（m） D_s　：観測した距離（m） P　：測点１と測点２の平均気圧（ｈＰａ） t　：測点１と測点２の平均気温（℃） n_g　：群速度に対する屈折率 λ　：光波の実効波長（μm） 2.1.2 気圧、気温を求める計算 (1) 標高による気圧の計算式 $P_2 = 1013.25 \times 10^{-\frac{H}{67.58T}}$ (2) 高低差による気圧の計算式 （ｉ）$P_2 = P_1 \times 10^{-\frac{\Delta H}{67.58T}}$ （ⅱ）$P_2 = P_1 - 0.12\Delta H$ (3) 高低差による気温の計算式 $t' = t - 0.005\Delta H$ (4) 温度補正計算（鋼巻尺使用） D＝Ds＋Ds（ｔ－ｔ$_0$）α Ds：測定距離（定数補正ずみの値） ｔ：鋼巻尺の温度（℃） ｔ$_0$：標準温度 α：膨張係数 ただし、 P_1　：計算の基準とした測点で観測した気圧（ｈＰａ） P_2　：求めようとする測点の気圧（ｈＰａ） T　：絶対温度（K）（$T = 273.15 + t$） t　：計算の基準とした測点で観測した気温（℃） t'　：求めようとする測点の気温（℃） H　：求めようとする測点の標高（m） ΔH　：計算の基準とした測点の標高（H_1）と求めようとする測点の標高（H_2） との高低差$H_2 - H_1$（m）	演算子「×」に修正。（2ヶ所） 演算子「×」に修正。（2ヶ所） 「絶対温度 T」の表示を修正。

横浜市道路台帳測量作業規程（平成 24 年 3 月改訂）	横浜市道路台帳測量作業規程（令和３年度改訂版）	コメント

横浜市道路台帳測量作業規程（平成 24 年 3 月改訂）

2.1.3 基準面上の距離の計算

$$S = D\cos\left(\frac{\alpha_1-\alpha_2}{2}\right)\frac{R}{R+\left(\frac{H_1+H_2}{2}\right)+N_g}$$

ただし、

S ：基準面上の距離（m）　D：測定距離（m）
H_1 ：測点１の標高（概算値）＋測距儀の器械高（m）
H_2 ：測点２の標高（概算値）＋測距儀の器械高（m）
α_1 ：測点１から測点２に対する高低角
α_2 ：測点２から測点１に対する高低角
$R = 6370000$：平均曲率半径（m）
N_g ：ジオイド高（既知点のジオイド高を平均した値）

2.1.4 折れ基線（三辺測量）

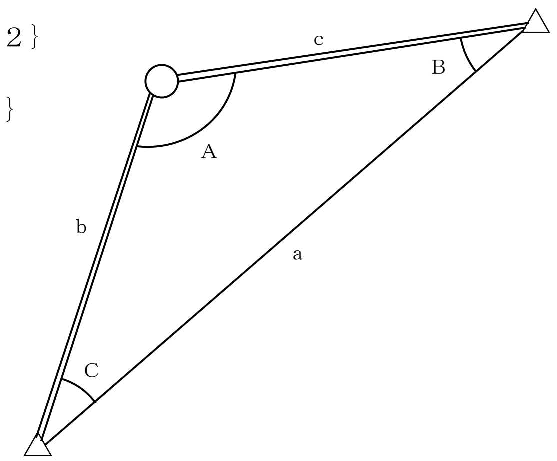
$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cdot\cos A$

又は、

$a = (b+c)\sin(A/2)\cos\{(B-C)/2\}$

ただし、

$(B-C)/2 = \tan^{-1}\{(b-c)/(b+c)\}$
$\times\tan^{-1}(A/2)$
$(B+C)/2 = 90^\circ - A/2$



2.1.5 三角形内角の計算

$A = \cos^{-1}\{(b^2+c^2-a^2)/2bc\}$
$B = \cos^{-1}\{(c^2+a^2-b^2)/2ca\}$
$C = \cos^{-1}\{(a^2+b^2-c^2)/2ab\}$

又は、

$$A = 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}}$$

$$B = 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(s-c)(s-a)}{s(s-b)}}$$

$$C = 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(s-a)(s-b)}{s(s-c)}}$$

2.1.6 距離計算に必要な高低角の補正量を求める計算

α_i' ： $\alpha_i + d\alpha_i$

α_i' ：補正済みの高低角（$i = 1, 2$ 以下同じ）
α_i ：観測した高低角
$d\alpha_i$ ：高低角に対する補正量

$$d\alpha_1 = \sin^{-1}\left\{\frac{(m-f_2+i_1-g)\cos\alpha_1}{D}\right\}$$

$$d\alpha_2 = \sin^{-1}\left\{\frac{(g-f_1+i_2-m)\cos\alpha_2}{D}\right\}$$

横浜市道路台帳測量作業規程（令和３年度改訂版）

2.1.3 基準面上の距離の計算

$$S = D\cos\left(\frac{\alpha_1-\alpha_2}{2}\right)\frac{R}{R+\left(\frac{H_1+H_2}{2}\right)+N_g}$$

ただし、

S ：基準面上の距離（m）
D ：測定距離（m）
H_1 ：測点１の標高（概算値）＋測距儀の器械高（m）
H_2 ：測点２の標高（概算値）＋測距儀の器械高（m）
α_1 ：測点１から測点２に対する高低角
α_2 ：測点２から測点１に対する高低角
R ：平均曲率半径（m）（$R = 6370000$）
N_g ：ジオイド高（既知点のジオイド高を平均した値）

2.1.4 折れ基線（三辺測量）

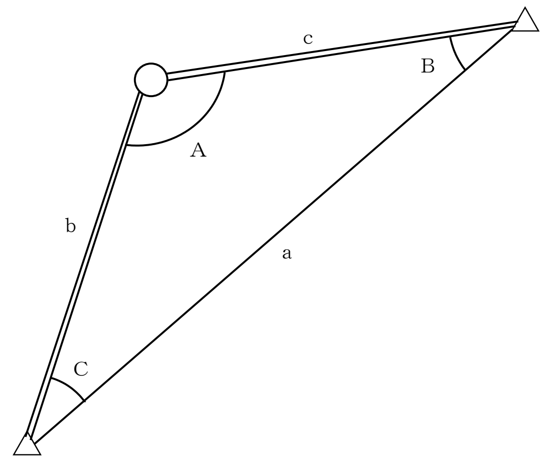
$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cdot\cos A$

又は、

$a = (b+c)\sin(A/2)\cos\{(B-C)/$

ただし、

$(B-C)/2 = \tan^{-1}\{(b-c)/(b+c)$
$\times\tan^{-1}(A/2)$
$(B+C)/2 = 90^\circ - A/2$



2.1.5 三角形内角の計算

$A = \cos^{-1}\{(b^2+c^2-a^2)/2bc\}$
$B = \cos^{-1}\{(c^2+a^2-b^2)/2ca\}$
$C = \cos^{-1}\{(a^2+b^2-c^2)/2ab\}$

又は、

$$A = 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}}$$

$$B = 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(s-c)(s-a)}{s(s-b)}}$$

$$C = 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(s-a)(s-b)}{s(s-c)}}$$

2.1.6 距離計算に必要な高低角の補正量を求める計算

$\alpha_i' = \alpha_i + d\alpha_i$

ただし、

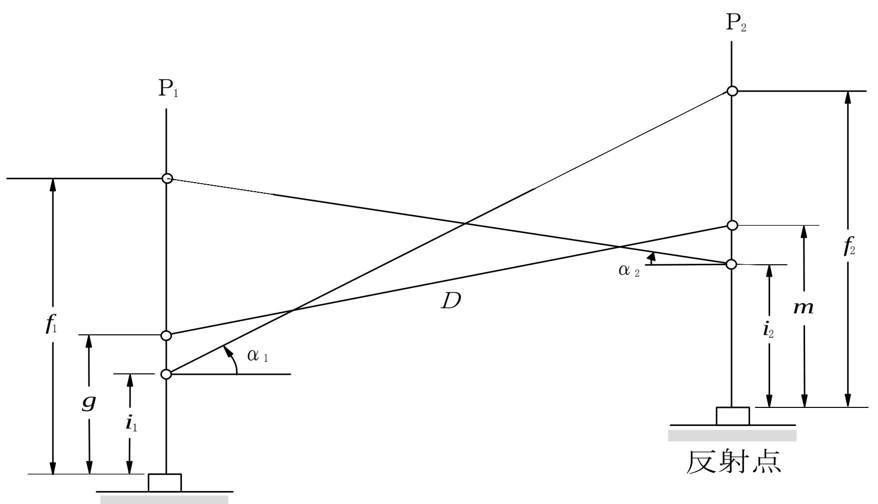
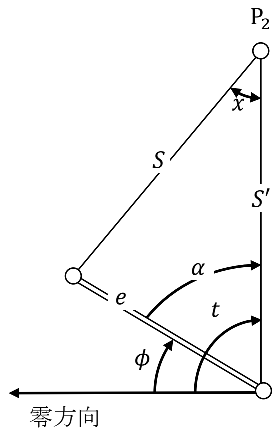
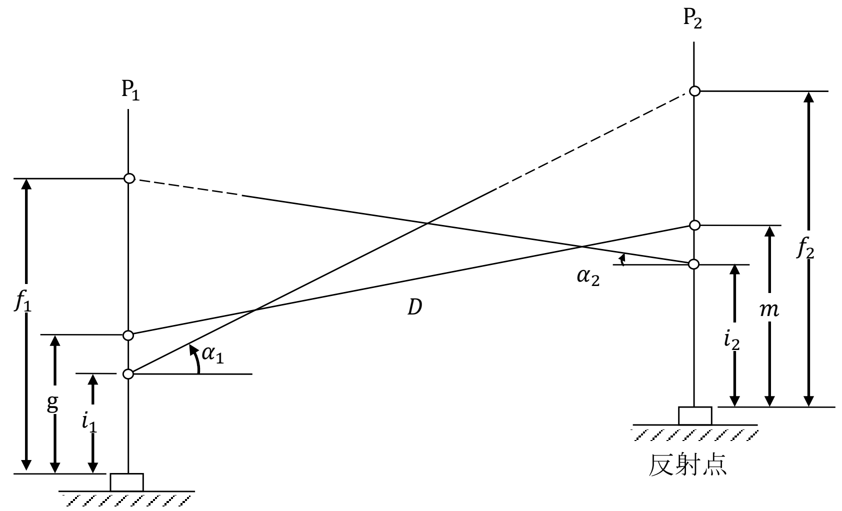
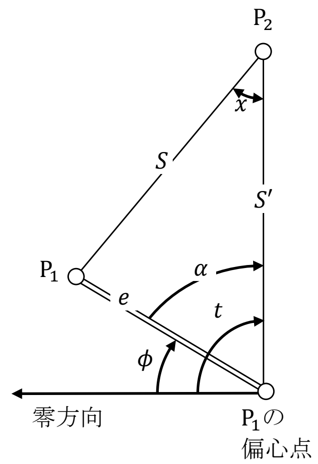
α_i' ：補正済みの高低角（$i = 1, 2$ 以下同じ）
α_i ：観測した高低角
$d\alpha_i$ ：高低角に対する補正量

$$d\alpha_1 = \sin^{-1}\left\{\frac{(m-f_2+i_1-g)\cos\alpha_1}{D}\right\}$$

$$d\alpha_2 = \sin^{-1}\left\{\frac{(g-f_1+i_2-m)\cos\alpha_2}{D}\right\}$$

コメント

等号（＝）に修正。「ただし、」を追記。

横浜市道路台帳測量作業規程（平成 24 年 3 月改訂）	横浜市道路台帳測量作業規程（令和３年度改訂版）	コメント
 図２．１ P_1 ：測距の器械点　　P_2 ：反射点 g ：測距儀の器械高　　m ：反射鏡高 i_i ：セオドライト高　　f_i ：目標高 D ：測定距離 補正量 dα_i は角度秒で求める。距離の単位はm、角度の単位は、度分秒とする。 **2.2　偏心補正計算** **2.2.1 正弦定理による計算** $x = \sin^{-1}\left[\frac{e}{S}\sin\alpha\right]$ （注）$\frac{e}{S}$ 又は $\frac{e}{S'} < \frac{1}{450}$ のときは、 $S = S'$として計算することができる。 **2.2.2 二辺夾角による計算** $x = \tan^{-1}\left[\frac{e\ ・\sin\alpha}{S' - e\ ・\cos\alpha}\right]$ $S = \sqrt{S'^2 + e^2 - 2S'e・\cos\alpha}$  図２．２ 偏心点：偏心角を測定した測点 x ：偏心補正量 S ：P_1 と P_2 との距離 S' ：偏心点と P_2 との距離 e ：偏心距離 $\alpha = t - \phi$ t ：観測した水平角 ϕ ：偏心角	 図２．１ P_1 ：測距の器械点　　P_2 ：反射点 g ：測距儀の器械高　　m ：反射鏡高 i_i ：セオドライトの器械高　　f_i ：目標高 D ：測定距離 補正量 dα_i は角度秒で求める。距離の単位はm、角度の単位は、度分秒とする。 **2.2　偏心補正計算** **2.2.1 正弦定理による計算** $x = \sin^{-1}\left(\frac{e}{S}\sin\alpha\right)$ （注）$\frac{e}{S}$ 又は $\frac{e}{S'} < \frac{1}{450}$ のときは、 $S = S'$として計算することができる。 **2.2.2 二辺夾角による計算** $x = \tan^{-1}\left(\frac{e\sin\alpha}{S' - e\cos\alpha}\right)$ $S = \sqrt{S'^2 + e^2 - 2S'e\cos\alpha}$  図２．２ 偏心点：偏心角を測定した測点 x ：偏心補正量 S ：P_1 と P_2 との距離 S' ：偏心点と P_2 との距離 e ：偏心距離 $\alpha = t - \phi$ t ：観測した水平角，ϕ ：偏心角	「の器械高」に修正。

横浜市道路台帳測量作業規程（平成 24 年 3 月改訂）

2.2.3 相互偏心の計算

（1）S' が既知の場合

$$x=\tan^{-1}\left\{\frac{e_1\ \cdot\ \sin\alpha_1+e_2\ \cdot\ \sin\alpha_2}{S'-(e_1\ \cdot\ \cos\alpha_1+e_2\ \cdot\ \cos\alpha_2)}\right\}$$

$$S=\sqrt{(S'-e_1\cos\alpha_1-e_2\cos\alpha_2)^2+(e_1\sin\alpha_1+e_2\sin\alpha_2)^2}$$

（2）S が既知の場合

$$x=\sin^{-1}\left[\frac{e_1\ \cdot\ \sin\alpha_1+e_2\ \cdot\ \sin\alpha_2}{S}\right]$$

P_1　：測点 1
P_2　：測点 2
P'_1　：P_1の偏心点
P'_2　：P_2の偏心点
x　：偏心補正量
S　：P_1とP_2との距離
S'　：P'_1とP'_2との距離
e_1, e_2　：偏心距離
ϕ_1, ϕ_2　：偏心角
t_1, t_2　：観測した水平角
$\alpha_1=t_1-\phi_1$
$\alpha_2=(360°+t_2)-\phi_2$

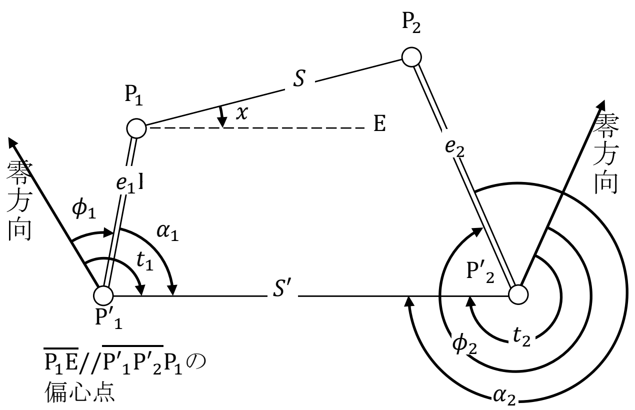


図２．３

2.2.4 偏心補正の符号

正とは、図２．２において、P_1での水平角に補正する。反とは、P_2での水平角に補正することを示す。＋は、計算した補正量の符号をそのまま加用する。－は、計算した補正量の符号を反して加用することを示す。

Ｂ・Ｃ・Ｐの関係	偏心角を測定した位置の区分		
	水平角観測を行った観測点Ｂ	測点の中心Ｃ	目標の中心Ｐ
（Ｂ＝Ｐ）≠Ｃ	正　：　＋ 反　：　＋	正　：　－ 反　：　－	正　：　＋ 反　：　＋
（Ｂ＝Ｃ）≠Ｐ	反　：　－	反　：　－	反　：　＋
Ｂ≠（Ｃ＝Ｐ）	正　：　＋	正　：　－	正　：　－
Ｂ≠Ｃ≠Ｐ	（Ｂ≠Ｃ） 正　：　＋	（Ｂ≠Ｃ） 正　：　－ （Ｃ≠Ｐ） 反　：　－	（Ｃ≠Ｐ） 反　：　＋

横浜市道路台帳測量作業規程（令和３年度改訂版）

2.2.3 相互偏心の計算

（1）S' が既知の場合

$$x=\tan^{-1}\left\{\frac{e_1\sin\alpha_1+e_2\sin\alpha_2}{S'-(e_1\cos\alpha_1+e_2\cos\alpha_2)}\right\}$$

$$S=\sqrt{(S'-e_1\cos\alpha_1-e_2\cos\alpha_2)^2+(e_1\sin\alpha_1+e_2\sin\alpha_2)^2}$$

（2）S が既知の場合

$$x=\sin^{-1}\left(\frac{e_1\sin\alpha_1+e_2\sin\alpha_2}{S}\right)$$

P_1　：測点 1
P_2　：測点 2
P'_1　：P_1の偏心点
P'_2　：P_2の偏心点
x　：偏心補正量
S　：P_1とP_2との距離
S'　：P'_1とP'_2との距離
e_1, e_2　：偏心距離
ϕ_1, ϕ_2　：偏心角
t_1, t_2　：観測した水平角
$\alpha_1=t_1-\phi_1$
$\alpha_2=(360°+t_2)-\phi_2$

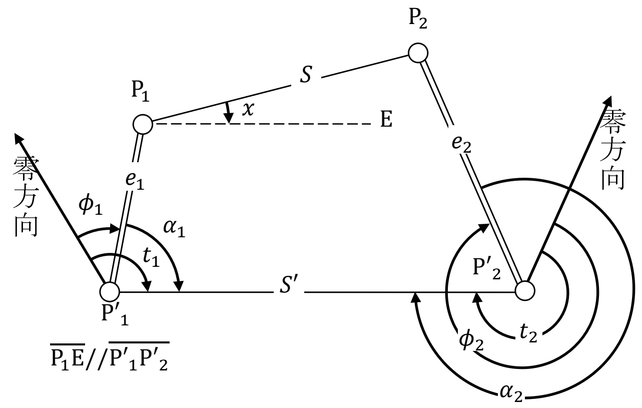


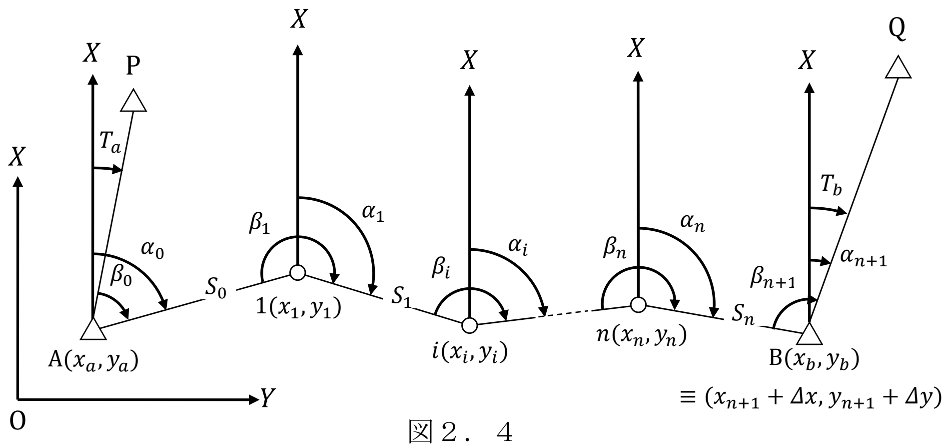
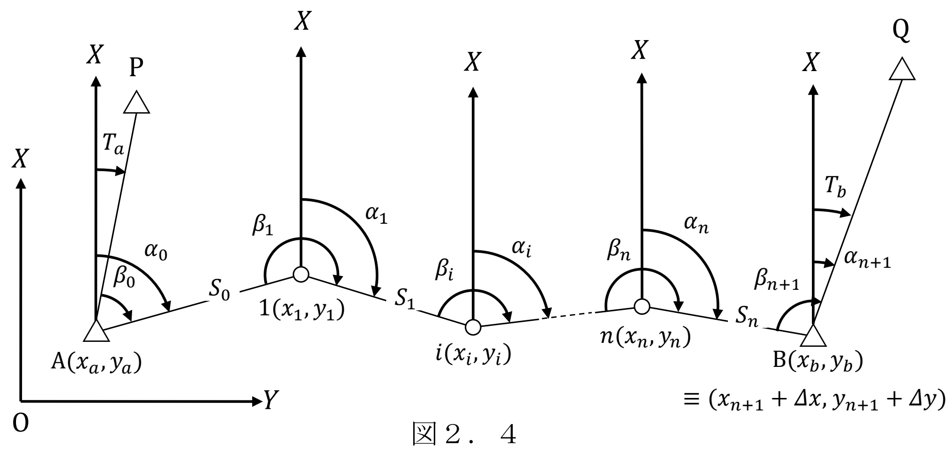
図２．３

2.2.4 偏心補正の符号

正とは、図２．２において、P_1での水平角に補正する。反とは、P_2での水平角に補正することを示す。＋は、計算した補正量の符号をそのまま加用する。－は、計算した補正量の符号を反して加用することを示す。

Ｂ・Ｃ・Ｐの関係	偏心角を測定した位置の区分		
	水平角観測を行った観測点Ｂ	測点の中心Ｃ	目標の中心Ｐ
（Ｂ＝Ｐ）≠Ｃ	正　：　＋ 反　：　＋	正　：　－ 反　：　－	正　：　＋ 反　：　＋
（Ｂ＝Ｃ）≠Ｐ	反　：　－	反　：　－	反　：　＋
Ｂ≠（Ｃ＝Ｐ）	正　：　＋	正　：　－	正　：　－
Ｂ≠Ｃ≠Ｐ	（Ｂ≠Ｃ） 正　：　＋	（Ｂ≠Ｃ） 正　：　－ （Ｃ≠Ｐ） 反　：　－	（Ｃ≠Ｐ） 反　：　＋

コメント

横浜市道路台帳測量作業規程（平成 24 年 3 月改訂）	横浜市道路台帳測量作業規程（令和３年度改訂版）	コメント
2.3　座標及び閉合差の計算（方向角の取付を行った場合） 〈多角路線の記号の説明〉  図２．４	2.3　座標及び閉合差の計算（方向角の取付を行った場合） 〈多角路線の記号の説明〉  図２．４	