2025 年度

佐賀大学総合型選抜 I
試験問題

理工学部理工学科

都市工学分野

適性検査

解答上の注意事項

1　「解答始め」の合図があるまで問題を見てはならない。

2　「解答始め」の合図があったら，全ての解答紙・下書き用紙の所定欄に受験番号を記入すること。

3　試験時間中，試験問題の内容について質問がある場合は，手をあげて監督者に申し出ること。

4　その他，監督者の指示に従うこと。

科目名	適性検査	都市工学　　分　　野

求められた回答だけでなく，回答を導く過程も評価対象とする．数学や物理分野などで学んだ専門用語や図などを用いて，冗長な文章ではなく簡潔に分かりやすく回答すること．

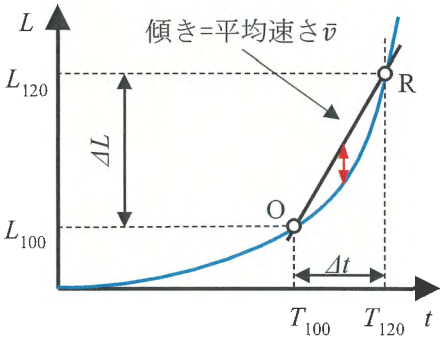
【問題1】

表−1　記録表の様式

記録番号	経過時間	走行距離
1	T_1	L_1
2	T_2	L_2
3	T_3	L_2
・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・
10	T_{11}	L_{11}
11	T_{12}	L_{12}
・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・
n	T_n	L_n

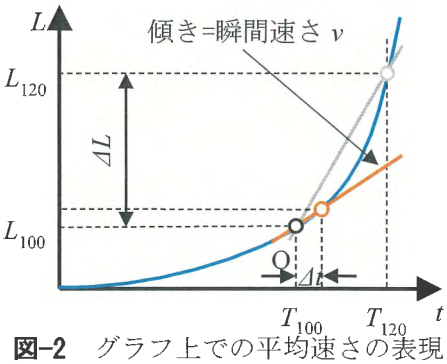
問題 1-1　ランナーはマラソンの走行を記録した．走行開始時に記録を開始し，その時点からΔTの時間間隔で定期的に走行距離 L_n と，ΔTの積算に基づいた経過時間T_n（添字 n は記録番号）を**表−1** の様式にて得た．その道中で，地点 O から地点 P と Q を経て，地点 R を通過したときに得られた記録は O=(T_{90}, L_{90})，R=(T_{120}, L_{120})であった．この記録から，O-R 間におけるランナーの走行速さ V を求めよ．

問題 1-2　問題 1-1 で示した記録を走行距離と移動時間のグラフに模式的に表すと**図−1** になる．O と R の 2 つの点は直線で結ばれ，移動距離 L_nは経過時間 T の 1 次関数$L_{(T)} = aT + b$として表される．その傾きは，2 点間の移動時間 Δt（問 1-1 に基づくと T_{120}-T_{90}=$30\Delta T$ に相当）で移動距離 $L_{(T90+\Delta t)}$-$L_{(T90)}$を除した値で，これは平均速さのことであり$a = \bar{v} = \frac{L_{(T90+\Delta t)}-L_{(T90)}}{\Delta t}$で表される．



図−1　グラフ上での平均速さの表現

では，O-R 間で速さが変化して，例えば図中の青線のように移動距離が変化した場合を考える．平均速さから得た移動距離と青線の間には赤矢印で示した差が生じる．これは，平均速さではその値を得た区間内の L の変化を詳細に表せられないことを意味する．そこで，**図−2** のように O に対してΔtが小さい橙点との平均速さを計算すると，差が小さくなった．さらに，Δtを限りなく 0 に近づけて点との間で平均速さをとると，差は微小なものとなる．Δtが微小なとき ΔL も微小となるため，ΔL をΔtで除すると「瞬間の速さ v」と呼ばれるものになる．この考えを$\bar{v}$の式に当てはめると，$\Delta t \to 0$ のとき $L_{(T90+\Delta t)}$-$L_{(T90)}$= ΔL となり，極限で表すと$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta L}{\Delta t}$となる．



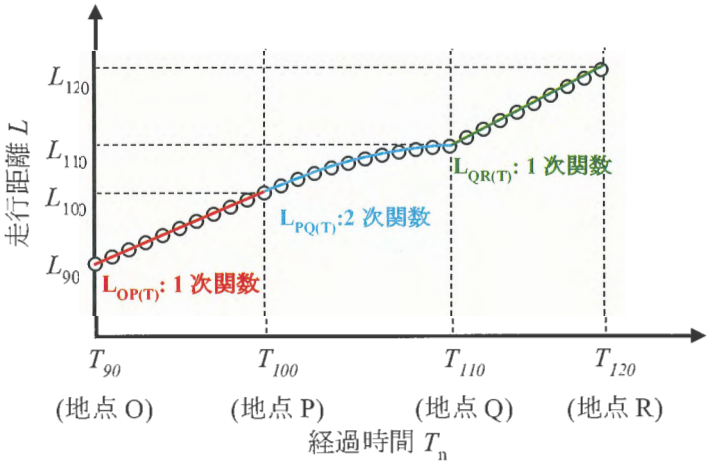
図−2　グラフ上での平均速さの表現
（Δt を小さくした場合）

ここで，高校数学では$y = f_{(x)}$を x で微分して得られる導関数は$f'_{(x)} = \lim_{h \to 0} \frac{f(x+h)-f(x)}{\Delta t}$であると学習しており，同式の極限にある分子は $L_{(T90+\Delta t)}$-$L_{(T90)}$= ΔL と同じで考えである．よって，瞬間の速さ v は移動距離 L を時間 T で微分したもので，$v_{(T)} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{dL}{dT}$と表される．

この考え方に基づいて，O=(T_{90}, L_{90})，R=(T_{120}, L_{120})のときに，仮に速さがそれぞれ v_{90}，v_{120} であり，移動距離が 2 次関数 $L_{OR(T)}=ax^2+bx+c$ で表される場合の a，b，c を求めよ．なお，解答で a，b，c を一度提示した後は，詳細に記述せず a，b，c で省略して表記しても良い．

問題 1-3　以上の平均と瞬間の速さの考え方を用いて，ここからはランナーの走行記録を詳細に解析する．走行経路を観ると，地点 O から P は平坦な道，地点 P から Q にかけての上り坂，地点 Q から R にかけての下り坂があり，実際には速さが変動していた．横軸が経過時間 T_n，縦軸が走行距離 L のグラフに走行記録をプロットすると**図−3** のようになった．

この結果に基づいて，O-P 間，P-Q 間，Q-R 間における走行距離と時間の関係である$L_{OP(T)}$，$L_{PQ(T)}$，$L_{QR(T)}$を求めよ．なおこれらの関数は，それぞれ 1 次関数，2 次関数，1 次関数で表される．また，これら 3 区間での速さと時間の関係$v_{OP(T)}$，$v_{PQ(T)}$，$v_{QR(T)}$を求め，横軸を経過時間，縦軸を速さとしたグラフに$v_{OP(T)}$，$v_{PQ(T)}$，$v_{QR(T)}$の形を示せ．速さを求める際には，T_{100} における O-P 間の速さと P-Q 間の速さは同じものとする．



図−3　累積走行距離 L の時間変化

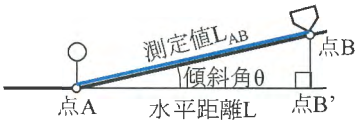
【問題 2】

都市工学分野では土木構造物や建築物の構築において，地形や構造物を計測することが求められ，「測量」という技術が用いられる．測量の歴史は長く，古くはエジプトのピラミッド建設，国内では太閤検地，伊能忠敬らが完成させた大日本沿海輿地図に用いられたことは有名である．近代戦争以降では精密な地形計測，砲撃の弾道計算に測量が欠かせない．これらに用いられる測量行為では，精密な距離，角度，高低差の測定が求められ，その達成には正しい測定方法，測定誤差を生じにくくする工夫，測定値は誤差を含むという前提で測定結果を統計的に処理するという，要素が必要とされる．

以下の設問は物理，数学を応用した測量技術に関する問いである．

問題 2-1　建物の平面図（建物を上空から見下ろした図）や地図を作成する場合，水平距離，水平角度を測定することが最重要である．距離測定の方法はいくつかあるが，最も簡単な器具である鋼巻尺（帯状の鋼製芯材に長さの目盛が記載されたもの）による測定について問う．

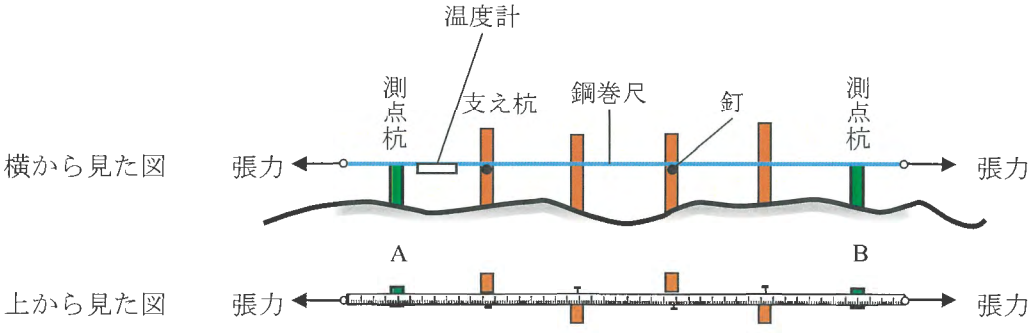
図−4 の通り，A 点と B 点の水平距離を測るために鋼巻尺を地面に置いたが，実際は地面が水平とは限らず，地表の A-B 間の測定値は斜距離 L_{AB} としても定義できる．そこで，点 A と同じ水平面まで点 B から垂線を下ろし，その交点を点 B'とする．点 A-B'を結ぶ線が点 A-B 間の水平距離 L である．そのため，測量では地表上で点 A-B 間の距離と，水平面と地面がなす傾斜角 θ を測定して水平距離を求める．右図の条件での水平距離 L を示せ．



図−4　水平距離の定義

問題 2-2　傾斜角 θ と斜距離から水平距離 L が得られたが，実際は地面が凸凹しており，鋼巻尺を地面に置いて測ると凸凹の表面を測る事になるから，測定結果は実際の長さよりも長くなる．そこで鋼巻尺による精密な距離測定では，**図−5** の方法のように地面から鋼巻尺を浮かせて，点 A-B 間の水平距離を測る．まずは目標点となる点 A と点 B へ，杭（測点杭）の頭頂部に高低差が生じないように杭を設置する．次に鋼巻尺を支えるための①**釘を刺した支え杭を等間隔に設置**する．その上で，②**鋼巻尺の両端に張力を与えつつ**，A-B 間の距離を測定する．測定作業中は③**鋼巻尺の温度を測定**する．

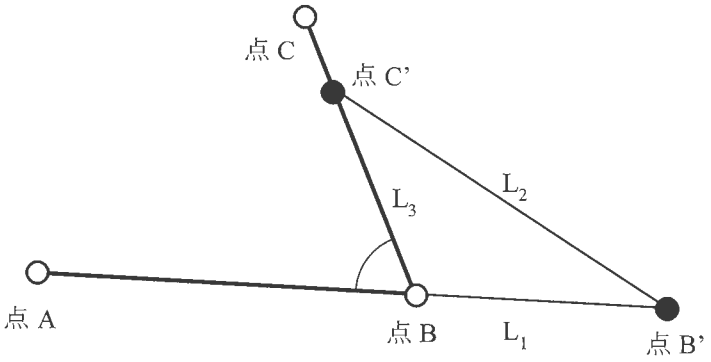
この一連の手順で，①〜③は測定誤差を少なくするための工夫である．なぜこれらの工夫が必要なのか，①〜③それぞれ理由を述べよ．



図−5　精密な測量方法（引用：測量学，森北出版，P.27）

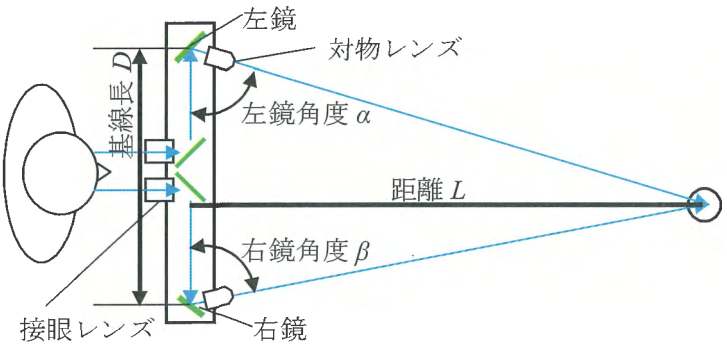
問題 2-3　巻尺は距離を測定する器具だが，その使い方によっては角度を求めることができる．**図−6** のように，点 A，B，C，があり，それぞれを結ぶ AB 線と BC 線がなす∠ABC を計測したかったものの，角測量の器具で直接測定できなかった．そこで測線 AB の延長線（つなぎ線と呼ぶ）上に点 B’を設置し，さらに測線 BC 上に点 C’を設置して，補助三角形 BB’C’を設置した．このとき，B-B’，B’-C’，C’-B の測線長を鋼巻尺で計測し，それぞれが L_1，L_2，L_3 となった．この 3 つの測線長を利用して∠ABC を求めよ．

なお，角度 θ を求めるには，例えば $x=\cos\theta$ ならばその逆三角関数を用いて $\theta=\arccos x$ として計算される．

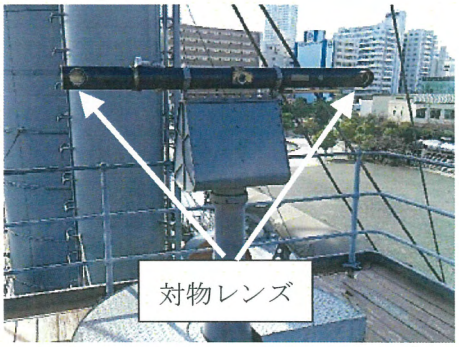


図−6　つなぎ線による角度の測定

問題 2-4　縄紐から始まり，現在では鋼巻尺で簡易に距離測量が可能ではあるが，長距離を測量する場合には不向きである．そこで，三角形の幾何学的条件と光学機器（望遠鏡のような器具）を併用した**図−7**, **図−8** に示すようなレンジファインダーが発明された．これは水平に持つと左右に細長い望遠鏡で，中心の接眼レンズを覗くと視線は鏡筒内で左右に分かれ，望遠鏡左右端にある左鏡，右鏡で前方へ視線が屈折する．このとき，左鏡，右鏡を調整していない場合には左目，右目で視る像は異なるが，その 2 つの鏡を回転させると像が重なる条件が得られる．このときに，左鏡と右鏡の中心を結ぶ基線と左右の視線によって三角形が形成され，この三角形の高さ,即ち基線から測量目標までの距離 L を算出できる．基線長を D，左鏡角度を α，右鏡角度を β としたとき，目標までの距離 L を求める算出式を示せ．



図−7　レンジファインダーの原理



図−8　戦艦三笠のレンジファインダー

問題 2-5　さらに技術は発展して，現在ではより簡便な地上における位置決定の手法の一つとして，GPS に代表される GNSS（Global Navigation Satellite System）が多用されている．これは電波特性とベクトル理論を応用したものである．

GNSS 測量の原理の模式図を**図-9** に示す．この測量では，地球の中心を原点とした三次元座標系を観測の場としている．まず，GNSS 衛星からは情報を含む電波が発信されており，その情報には衛星自身の位置を示す三次元座標（X_n, Y_n, Z_n）（n は衛星識別のための番号）と，情報の発信時刻 T_S が含まれている．未知点では，複数の GNSS 衛星から発信された情報を受信・解析できる受信機が設置され，受信機は GNSS 衛星から送られた情報と，その情報の受信時刻 T_R を記録する．GNSS 衛星からの情報，受信時刻，さらに情報を含む電波の伝達速度である光速 c を含めて計算を行うことで未知点の座標（X, Y, Z）が算出される．

ここで，GNSS 衛星内の時計と受信機の時計が完全に一致しており，電波が遅延することなく光速 c で受信機に到達した場合，T_S，T_R，c，ならびに衛星の座標値（X_n, Y_n, Z_n）を用いて受信機を設置した未知点の座標（X, Y, Z）を得るための方程式を示せ．また，未知点の算出にはいくつの GNSS 衛星からの情報が必要かを述べよ．示される回答は方程式なので，X，Y，Z について解く必要は無い．

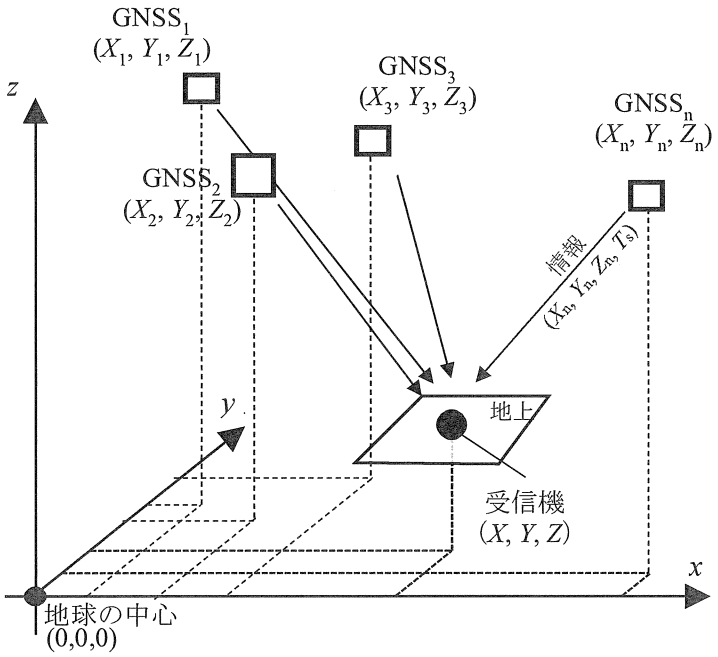


図-9　GNSS 測量の概略