IV－7　道路網構成問題に関する基礎的研究

苫小牧工業高等専門学校　正会員　○ 桝谷有三
北海道大学工学部　〃　加来照俊

1. まえがき

一般に道路網構成問題とは、各ノード（交通発着地点）間の需要交通量（OD交通量）とノード間を結合する計画・設計可能な道路網が与えられたとき，この需要交通量を効率的に処理するためにはどの様な道路網構成が決定されればある制約条件の下である目的関数（評価基準）を最大なり最小にするかということができる．そして、この問題の実際的な応用としては道路網新設計画，既存の道路網の各道路区間の整備拡充を行なう改良計画、道路網の容量を増加させるための増強計画，さらに除雪路線網計画などが考えられる．これらの計画は，道路利用者へのサービス向上あるいは昨今の交通需要の増加等を考慮すると道路網計画において解決されなければならない基本的な課題である．また，これらの議論は道路網構成問題にその基礎をおくものであり，これらの一連の計画に対処できる解法が望まれる．

2. 従来の研究

この問題に対しては従来から多くの研究が行なわれてきたが，これらの研究は各道路区間の新設あるいは拡幅等の建設に関する変数の取り方によって2つに大別することができる．ひとつは変数を離散変数(discrete variable)と考えるもので、このとき交通容量は車線当りという形で表わされる．他のひとつは，連続変数(continuous variable)とするもので交通容量は幅員当りとなる．前者による解法としては、組合せ最適化問題と考えるものと制約条件及び目的関数を線形で表現して（混合）整数計画問題として定式化するものである．組合せ最適化問題の解法としては分岐限界法[1]，Backtrack法等の厳密解法[1,2]とForward法・Backward法[3]，分岐限界を改良した方法[4]，Forward・Backward法を改良した方法[5]あるいはBacktrack法を改良した方法など計算時間および記憶容量の減少を計って実用性を考慮した近似解法がある．また，整数計画問題の解法としては分岐限界法が用いられている．さらに，後者の解法として走行時間は交通量に依存せず一定として線形計画法で解く方法[8]、および交通量と走行時間との関係を線形あるいは非線形と仮定して分解原理を用いる方法[9]，勾配法を用いる方法、分解原理の考え方を応用した方法[11]などがある．このように多くの研究がなされているが，いくつかの問題点を有する．まず従来の研究は主にある設定された問題に対する厳密解法および近似解法という解法上の点のみに意を注いでいるため，問題の構造把握あるいは他の計画問題に対する適用性についてあまり考慮がなされていなかった．また，特に最適化問題においては交通量配分が最適な道路網を得るまで相当数繰返されるため、問題をいたずらに複雑化しないあるいは計算時間等を考慮して主に実用的でない容量制約のない最短経路配分が用いられてきた。しかし，交通量配分は道路網の評価あるいは各道路区間の交通容量（幅員，車線数）を検討するために必須であり，また，できるだけ実際の現象を反映した配分手法が望まれる．

そこで，本研究は各道路区間の建設（幅員，車線数）に関する変数の取り方によって問題を線形計画問題(Linear Programming：以下ＬＰという)，可分計画問題(Separable Programming：以下ＳＥＰという)および混合整数計画問題(Mixed Integer Programming：以下ＭＩＰという)として定式化して考察するものである．そうすると，ある評価基準（目的関数）を最大なり最小にする道路網構成の決定と同時に各道路区間の配分交通量をも輸送計画的な配分結果として同時に求めることができる．輸送計画的配分は計画指向的な配分手法であるが，この問題に実際的な配分手法を導入できること、また道路網の評価尺度として総走行時間が用いられているうえでも意義がある．また、需要交通量の効率的な処理のみならず道路網の有効的な利用という観点からについても考察することができる．さらに，LP・SEP問題はMIP問題における整数条件を緩和したものという点においてMIP問題の近似解法と

も考えられる．また，LP・SEP問題も設定された問題によっては実用的な解法にもなると思われる．

3. 道路網構成問題の定式化

道路網の評価は直接的にせよ間接的にせよ種々の評価要因によって総合的に行なわねばならないが，すべての要因を定量的にとらえることは困難である．そこで，本研究は前述の様に問題をLP・SEP・MIP問題として定式化することを踏え定量化可能な要因のみについて考える．まず(1)において，基本的な問題の定式化を行ない，そして(2)において各道路区間の建設に関する変数の取り方によって問題がLP・SEP・MIP問題になることについて考察する．

(1) 問題の定式化

いま，ある与えられた建設可能な最大道路網をn個のノードとノード間を結合するm個のリンクを持つネットワークにモデル化する．この道路網上に各ノード間のOD交通がp個存在するものとして，各OD交通ごとに番号をつけk番目のOD交通量をT_kとする．さらに，各OD交通ごとにリンク交通量を区別しkなるOD交通のリンク交通量をY^k_qとする．本研究においては，このリンク交通量Y^k_qを用いて定式化を試みる．まず，制約条件式としては(1)式のOD交通に関する連続条件，(2)式の各リンクの容量制限に関する条件がある．(2)式においてX_qは各リンクの区間交通量を，C_qはある単位あたりの交通容量を示す．また，x_qは各リンクの建設に関する変数を示す．この条件式において，各リンクの交通量とリンクの新設あるいは拡幅等との関係を表わすことができる．たとえば，交通需要に見合った幅員あるいは車線数が建設できるとしたときは左辺の区間交通量から右辺の変数x_qが決定される．また，あるリンクが建設されないとき($x_q=0$)には明らかに各OD交通のリンク交通量は0になる．さらに，x_qがある値をもつときすなわち建設されるときにはある目的関数を最大なり最小にするように両辺が相互に係わりながらリンクの交通量および変数x_qが求められる．次に，(3)式で示される道路建設費用に関する条件式が考えられる．一般に道路建設に投資される費用には限界があり，従ってこの限られた費用の中で効率的な道路網構成が望まれる．この建設費用は道路建設者側から見た重要な評価要因のひとつであるとともに，前述の道路網の有効的な利用という観点からも適切な値が設定されるべきと思われる．また，建設費用は建設距離の延長とともに増加するので，(3)式は(4)式の建設距離によって表わすこともできる．ここで，l_qはリンクの距離を，m_qは単位距離あたりの建設費用を示す．また，M，Lはそれぞれ道路網全体の建設費用および距離である．

$$\sum_{j}\left(Y^{k}_{ij}-Y^{k}_{ji}\right)=\begin{cases}T_k & (i\text{が発ノードのとき})\\ -T_k & (i\text{が着ノードのとき})\\ 0 & (i\text{が通過ノードのとき})\end{cases}\quad \left(\begin{matrix}k=1,2,\cdots,p\\ i=1,2,\cdots,n\end{matrix}\right) \qquad \text{——(1)}$$

$$X_q=\sum_{k=1}^{p}Y^k_q \leqq C_q\cdot x_q \qquad \text{——(2)}$$

$$\sum_{q=1}^{m} l_q\cdot m_q\cdot x_q \leqq M \qquad \text{——(3)}$$

$$\sum_{q=1}^{m} l_q\cdot x_q \leqq L \qquad \text{——(4)}$$

さらに，(5)，(6)式で示される総走行台時間および距離に関する条件式も考えられる．これらは道路網を評価する上で重要な要因であり，また道路利用者側からはできるだけ小さい値が要求される．従って，各OD交通の走行便益を考慮すると，探索される道路網はある設定された制限値以内であることが望まれる．(5)式において，各リンクの走行時間は区間交通量に依らず一定としているが，この事については5.において詳述する．ここで，t_qはリンクの走行時間を示し，TT，TD はそれぞれ総走行台時間および距離である．なお，これら評価要因と関連するものとして道路利用者の走行費用があるが，これも同様な考え方で定式化することができる．また，各OD交通のリンク交通量Y^k_qおよび建設に関する変数x_qが非負でなければならないという(7)，(8)式もある．

$$\sum_{q=1}^{m}\sum_{k=1}^{p} t_q\cdot Y^k_q=\sum_{q=1}^{m} t_q\cdot X_q \leqq TT \qquad \text{——(5)}$$

$$\sum_{q=1}^{m}\sum_{k=1}^{p} l_q\cdot Y^k_q=\sum_{q=1}^{m} l_q\cdot X_q \leqq TD \qquad \text{——(6)}$$

$$Y^k_q \geqq 0 \quad \left(\begin{matrix}k=1,2,\cdots,p\\ q=1,2,\cdots,m\end{matrix}\right) \qquad \text{——(7)}$$

$$x_q \geqq 0 \quad (q=1,2,\cdots,m) \qquad \text{——(8)}$$

これらの条件式の他に，自動車による大気汚染・騒音・振動等のいわゆる交通公害による道路環境の悪化あるいは地域住民の良好な生活環境の保持等を考慮した要因も考えられる．これらの要因の本問題への導入は，直接的には交通量あるいは幅員(車線数)との間を線形関係で表現するか，線形近似を行なう等の工夫が必要である．また，間接的には上述の各条件式を通して組み込むことも可能かと思われる．

次に目的関数（評価基準）について考えると，前述の(3)〜(6)式の各式がそれ自身制約条件として考えられていないときそれぞれ(9)〜(12)式で表わされるように目的関数となりうる．これらの目的関数はすべて最小化問題である．また，これらの目的関数を設定したときは固定されたＯＤ交通量も効率的に処理するための問題とな

$$M=\sum_{g=1}^{m} l_g\cdot m_g\cdot x_g \quad (最小化) \text{ ――― } (9) \qquad L=\sum_{g=1}^{m} l_g\cdot x_g \quad (最小化) \text{ ――― } (10)$$

$$TT=\sum_{g=1}^{m}\sum_{k=1}^{r} t_g\cdot Y_g^k \quad (最小化) \text{ ――― } (11) \qquad TD=\sum_{g=1}^{m}\sum_{k=1}^{r} l_g\cdot Y_g^k \quad (最小化) \text{ ――― } (12)$$

る．しかし，ＯＤ交通量は長期的にみたとき たえず一定の値を有するのではなく漸次増加する場合が考えられる．従って，道路網建設にあたっては単にある時期の需要交通量を処理できるのみでなく，以後増加する需要交通量をも十分処理できることが望まれる．そうすると，前述の各種の要因の他に(13)式で示されるＯＤ構成比一定の下での処理交通量最大化という目的関数も考えられる．なお，このとき(14)式のＯＤ交通に関する構成比一定という条件式を付加しなければならない．この要因は，建設者側から見た評価要因のひとつである．これらの各

$$F=\sum_{k=1}^{r} V_k \quad (最大化) \text{ ――― } (13) \qquad V_k/\sum_{k=1}^{r} V_k = \text{const.} \text{ ――― } (14)$$

式は，いずれも道路建設者側および利用者側のそれぞれの立場のみを考慮したものである．従って，総合的に評価するためには両者を同時に目的関数に組み込むことが要求されよう．しかし，本研究は問題をＬＰ，SEP，MIP問題とするため両者を同時に考慮するには同一の尺度（単位）で表現されなければならない．たとえば利用者側の要因を費用で換算できるときは，(15)式で示される道路利用者の年間費用と年間道路費用との和からなる総費用の最小化も目的関数として考えられる．以上，本問題を定式化するにあたって基本的に必要な，また現在定量

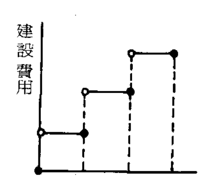
$$T=365\cdot k\cdot U\cdot\sum_{g=1}^{m}\sum_{k=1}^{r} t_g\cdot Y_g^k + K\cdot\sum_{g=1}^{m} m_g\cdot x_g \quad (最小化) \text{ ――― } (15)$$

ここで　k；単位時間交通量を年平均日交通量に換算するための係数　　U；単位時間・台当りの道路利用者費用　　K；道路の耐用年数と利子率によって算定される資本回収係数

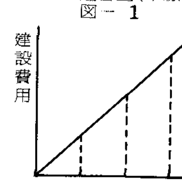
化要因についての制約条件および目的関数について考察した．そうすると，(1)〜(8)式の制約条件と(9)〜(13)および(15)式の目的関数を各種組合せることによって所望の道路網構成問題が定式化できる．

(2) 各道路区間の建設（幅員，車線数）に関する変数について

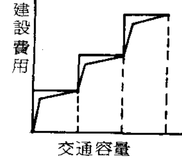
各道路区間の建設に関する変数x_gは前述の様に離散変数あるいは連続変数として捉えることができる．この事は，一般にこの変数と建設費用との関係が概念的に図-1および図-2で示される関数で表現されるためである．まず，図-1の非線形のステップ関数で表わされる場合には離散変数となり，整数のみしか取りえない．このとき，変数は車線数となり交通容量も車線当りで表わされる．次に，図-2で示される線形関数で表わされる場合には，連続変数となり任意の値を取ることができる．変数としては幅員が考えられ交通容量も単位幅員当りで表わされる．そうすると，前者は連続変数である各ＯＤ交通のリンク交通量と離散変数をとる車線数とからなる混合整数計画問題となる．一方，後者はいずれも連続変数であるため線形計画問題として定式化できる．一般に道路建設は車線数単位で建設されるため，前者の離散変数を使用するのが望ましい．しかし問題がMIP問題となるため，その解法が非常に困難となる．それに対して，後者のＬＰ問題は解法が容易なため大規模な問題にも適用できるが，厳密に車線数単位の値を要求されるような場合にはその解が十分満足されない．従って，基本的には前者は道路新設計画のような道路網の基本的形態を求める問題に，また前者は勿論のこと後者は既存の道路網を改善する改良計画あるいは増強計画等に適用可能と思われる．さらに混合整数計画問題を直接的に解くのが困難なため，それに代わる解法として，問題を可分計画問題として定式化する．この問題は，概念的に図-3に示される非線形のステップ関数を区分線形近似を行なうことによって考えられる．また，このときの変数である交通容量は車線数単位で近似することができる．



交通容量（車線数）
図－１



交通容量（幅員）
図－２



交通容量
図－３

これらいずれの問題を使用するかは，対象とする計画および要求される解の精度等を考慮して決定されるべきものと思われる．また，LP・SEP問題をMIP問題の整数条件を緩和させたものとすると，MIP問題の解法においてLP・SEP問題の解を利用することは整数条件の減少をはかって計算を容易にすることも考えられる．このことは，SEP問題に対するLP問題においても同様に考えることができる．

4. 問題の解法

前節で述べたように，道路網構成問題はLP・SEP・MIP問題等の数理計画問題として定式化される．そして，ここではそれらの数理計画問題のうちSEP，MIP問題の解法についての基本的な考え方について述べる．

(1) 混合整数計画問題の解法[2]

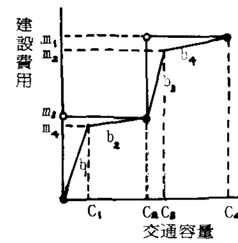
この問題の解法については従来から多くの研究がなされているが，一般に分岐限界法を用いて行なうことができる．MIP問題は一般に(16)式のように書くことができ，この問題をPとする．ここで，$\mathbf{B}$，$\mathbf{C}$はそれぞれ整変数，連続変数に関する係数行列であり，$\mathbf{D}$は係数ベクトルである．また，$\mathbf{X}$，$\mathbf{Y}$はm次元，$m\times q$次元の変数ベクトルである．いま，問題Pに対してx_q；非負整数という条件を$x_q \geqq 0$に置き換えてえられる問題を$\bar{P}$とする．$\bar{P}$の最適解がすべて整数条件を満足すれば，それはPの最適解でもある．しかし，ある変数x_qが整数条件を満足しないで(17)式となる場合には，問題Pをそれぞれ(18)，(19)式の条件を付加した部分問題に分割する．なお，このような変数を分枝変数という．そして，それぞれの条件が付加されたLP問題を$\bar{P}(x_q \geqq [\eta_q]+1)$，$\bar{P}(x_q \leqq [\eta_q])$とする．ここで，$[\eta_q]$は$\eta_q$をこえない最大の整数である．問題$P$の最適解はこれら2つのLP問題のいずれかの許容解であり，またLP問題$\bar{P}$はどちらの許容解でもない．これらの事から，(18)，(19)式で示される分割をつぎつぎに行なうと，生成される部分問題それぞれの許容領域は縮小し，最終的にx_qがすべて整数条件を満たすPの最適解をうることができる．なお，分枝変数の決定は整数値からもっとも遠い値をとる変数x_qによって行なうと計算速度の点においても有効と思われる．

$$P\;;\;\text{制約条件}\quad \left.\begin{array}{l} \mathbf{BX}+\mathbf{CY} \geqq \mathbf{b} \\ x_q\;;\;\text{非負整数}\;(q=1,2,\cdots,m) \\ \mathbf{Y} \geqq \mathbf{0} \\ \text{の下で目的関数}\;\; \mathbf{DY}\;\text{を最小化する} \end{array}\right\} \text{———(16)}$$

$$x_q=\eta_q\;(\neq\text{整数}) \text{ ——— (17)} \qquad x_q \geqq [\eta_q]+1 \text{ ——— (18)} \qquad x_q \leqq [\eta_q] \text{ ——— (19)}$$

(2) 可分計画問題の解法[13,14]

この問題は図4に示されるように，ステップ関数を近似した線形近似関数の傾きが$b_2<b_1$，$b_4<b_3$のように逓減するために直接的にはLP問題として解くことはできない．しかし，その解法は次の諸点を考慮して基本的にはLP問題によって行なうことができる．



図－4

(1) 非線形関数に関係する変数のそれぞれは1組のスペシャル変数で表わされる．

(2) これらのスペシャル変数は非線形関数を部分線形近似して表わす．また，スペシャル変数のそれぞれは部分線形近似による特定の区間で進んだ距離を示す．

(3) スペシャル変数のそれぞれは，下限が0，上限が1である．これらの順序は横軸の方向により規定する．

(4) スペシャル変数がLP問題の基底変数になることができるのは，となりあう変数のどちらかひとつが基底変数であるか，その前の変数が上限にあるかのいずれかに限る．

いま，あるリンクのある区間のスペシャル変数を$_qx_i^s$とすると，図4で表わされる問題の(2)式の右辺は(20)式のようにグリッド方程式によって与えられる．また，(3)，(9)式も(21)式によって表わされる．なお，(4)，(10)式に対しても(21)式と同様な方法で定式化できる．さらに，スペシャル変数に関する(22)式の条件式が付加される．

$$c_q\cdot x_q = c_1\cdot {}_qx_1^s + (c_2-c_1)\cdot {}_qx_2^s + (c_3-c_2)\cdot {}_qx_3^s + (c_4-c_3)\cdot {}_qx_4^s \text{ ——— (20)}$$

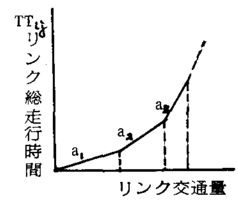
$$\Sigma l_q\cdot m_q\cdot x_q = \Sigma l_q\cdot \{m_1\cdot {}_qx_1^s + (m_2-m_1)\cdot {}_qx_2^s + (m_3-m_2)\cdot {}_qx_3^s + (m_4-m_3)\cdot {}_qx_4^s\} \text{ ——— (21)}$$

$$0 \leqq {}_q x_i^s \leqq 1 \quad (q=1,2,\cdots,m\ ;\ i=1,2,\cdots) \qquad \text{——— (22)}$$

このように，制約条件および目的関数も線形で表わされるのでLP問題となるが，本質的には前述の(3)，(4)の条件が付加されるのでその解法はかならずしも容易ではない。特にこの様な問題においては局所的最適解に落ち込むことも考えられるので，全域的最適解を求めるためには制約条件に工夫が必要かと思われる。従って，このような場合には前述の様にLP問題の解を利用することが有効である．また，これらの数理計画問題の解法についてはすでにプログラム・パッケージ化されている計算機もあるので，それらの利用によって本問題を解くことも可能である．[5]

5. 走行時間関数を導入した場合について[6]

一般に実際の現象に適合した交通量配分を行なうには，交通混雑による走行時間の増加の影響あるいは交通容量の概念を導入する必要がある．その方法としては，交通容量を制約条件として与える方法，走行時間関数を用いる方法およびこの両者を併用する方法とがある．ここで取り上げるのは両者を併用する方法で，すでに定式化されている交通容量が制約条件として与えられている問題にさらに走行時間関数を導入する場合について考える．交通量と走行時間との関係を線形あるいは非線形いずれに仮定しても，その総走行時間関数は非線形となりその求解は困難となる．道路網構成問題においてはこの総走行時間関数を2次関数，FHW (Federal Highway Administration) 関数，あるいは線形近似関数と仮定したものがある．本研究においては，定式化された問題および取扱いの容易さ等を考慮して，図-5で示される線形近似関数を用いる．いま，線形近似による分割点数を l，それぞれの区間の勾配を a_l，交通量を X_{ij}^l とすると各リンクの交通量および総走行時間は(22)，(23)式で表わされる．ここで，TT_{ij} はリンク ij の総走行時間であり，さらに(5)，(11)式の道路網全体の総走行時間は(24)式となる．なお，交通量 X_{ij}^l は(25)式の条件を満たすものとする．



図－5

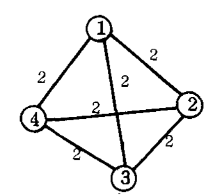
$$X_{ij}=\sum_{l=1}^{l} X_{ij}^l=\sum_{k=1}^{} Y_{ij}^k \qquad \text{——— (22)} \qquad\qquad TT_{ij}=\sum_{l=1}^{l} a_l \cdot X_{ij}^l \qquad \text{——— (23)}$$

$$TT=\sum_{ij=1}^{m} TT_{ij}=\sum_{ij=1}^{m}\sum_{l=1}^{l} a_l \cdot X_{ij}^l \qquad \text{——— (24)} \qquad\qquad X_{l-1} \leqq X_{ij}^l \leqq X_l \qquad \text{——— (25)}$$

従って，走行時間関数を導入しても本質的にその解法は変わらないが，(22)式で示される新らたな変数が増加するため線形近似の分割点数については解の精度などを考慮して決めなければならない．

6. 計算例

ここでは，簡単な例題を通して本問題の解法について考察する．図-6の建設最大道路網，表-1のOD交通量および表-2のリンク距離を与えて行なう．なお，図-6の値は建設可能な車線数を示す．また，交通容量は単位幅員あたり4000台/m，1車線あたり12000台とし，建設費用は1車線(3m)あたり10億円/kmとする．制約条件，目的関数の設定によって種々の問題が考えられるが，ここでは目的関数を総走行時間および総建設費用最小化の道路網新設計画についてのべる．まず，走行時間が交通量に依存せず一定の場合について行なう．なお，各リンクの走行時間は各リンクとも単位距離あたりの所要時間1.5分として表-2から求める．LP問題において，総走行時間および建設費用最小化の最適道路網形態としてそれぞれ図-7，図-8をえる．このとき，図-7においてTT＝754500台分，M＝250.8億円となり，図-8はTT＝763500台分，M＝225.8億円である．SEP問題においては，まず図-4における交通容量の区間を C_1＝100台，C_2＝11900台，C_3＝12100台，C_4＝24000台とした．その結果，総走行時間および建設費用最小化として，図-9，図-10の最適道路網となった．このとき，各リンクはスペシャル変数を丸めて車線数で表わした．また，図-9においてTT＝



図－6

表－1

O＼D	1	2	3	4
1	0	0	10	0
2	0	0	8	7
3	15	5	0	0
4	0	10	0	0

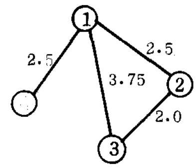
(×10³台)

表－2

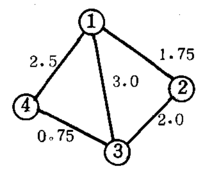
O＼D	1	2	3	4
1	0	6	9	5
2	6	0	7	14
3	9	7	0	5
4	5	14	5	0

(Km)

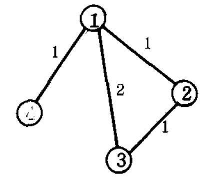
754500台·分，M=349億円，図-10はTT=774300台·分，M=266億円である．この問題においては，前述の様に全域的最適解を求めるには総走行台距離等の制約条件を付加する必要もある．さらに，MIP問題の解はSEP問題と同じ図-9，10の道路網となる．TTはSEP問題と同じ値をとるが，Mはそれぞれ360億円，270億円となり，SEP問題の解はMIP問題とほぼ同じ値をとることができる．また，LP問題の解は建設費用の関数を線形と仮定しているためSEP·MIP問題の解と比較して過少評価となっており，この点においてLP問題の適用にあたっては考慮が払われなければならない．しかし，図-7と9，図-8と10を比較すればほぼ同じ道路網形態を示しており，SEP·MIP問題の解法にあたってLP問題の解を利用することは有効と思われる．次に，走行時間関数を導入して各リンクの総走行時間関数を図-5のように線形近似した場合について考える．このとき，関数は2分割してX_1=8400台，X_2=12000台とし，それぞれの区間の勾配を表-3に示した．この場合についても上述と同じ問題について計算を行なったが，勿論総走行時間の値は異なるがほぼ同じような道路網形態をえた．ここでは，SEP問題において総走行時間最小化の結果について図-11に示す．このとき，TT=754500台·分，M=458億円であり建設費用において走行時間関数を導入しない場合とくらべて約1.2倍となっている．



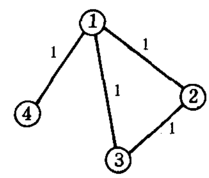
図－7



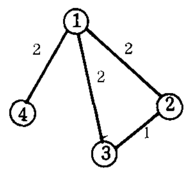
図－8



図－9



図－10



図－11

表－3

リンク	a_1	a_2
1－2	9.0	69.0
1－3	13.5	103.5
1－4	7.5	57.5
2－3	10.5	80.5
2－4	21.0	161.0
3－4	7.5	57.5

7．おわりに

以上本研究において，各道路区間の新設あるいは幅員等の建設に関する変数を対象とする問題によって連続変数および離散変数に取りうることを示し，さらに変数の取り方によって問題をLP·SEP·MIP問題等の数理計画問題として定式化した．定式化された問題はある評価基準を最大なり最小にする道路網構成の決定と同時に各道路区間をも輸送計画的な配分結果として求めることができる．また，このとき交通混雑による走行時間の増加の影響を各リンクの総走行時間関数の導入によって考察した．道路網の評価要因としては種々考えられているが，本研究においては現在定量化可能なものについて定式化を試みた．そして，種々の制約条件および目的関数を設定することによって所望の道路網形態を求めることができる．また，本研究では主に道路網計画問題において基本的な道路網新設計画を中心にのべてきたが，同様な考え方で他の道路網計画問題にも適用可能であり，この点については別の機会に発表したい．なお，本問題のように数理計画問題としたときの問題として大規模な道路網への適用についての議論があるが，この点については今後考察を行なってゆきたい．

8．参考文献

(1) Scott,A,J :An integer program for the optimization of a system of chromatic graphs , J.Reg.Sci7,1967

(2) Hoang Haic Hoc : A Computational Approach to the Selection of Optimal Network,Management ScienceVol 19,1973

(3) Scott,A,J :The Opitimal Network Problem :Some Computational Procedures,Transpotation Research Vol 3 , 1969

(7) ALAN HERSHDORFER : Optimal Routing of Uraban Traffic,M I T,1965 (9) Cater ·Stowers :Models for Funds Allocation for Urban Highway Systems Capacity Improvement,H R R No 20,1963 (10) Dafermos :Traffic assignment and Resource Allocation, Transportation Networks,1968 (11) Dantzig 他 :The Application of Decomposition to Transportation Network Analysis, Transportation Systems Center,1976

(4) 飯田恭敬；最適道路ネットワークの構成手法，土木学会論文報告集 第[illegible]号 1975
(5) 西村 他；最適ネットワーク構成に関する一考察，土木学会論文報告集 第250号 1976
(6) 松井 他；最適交通ネットワーク問題の基礎解法と近似解法，土木学会論文報告集 第262号，1977
(8) 西村昂；ネットワーク容量増強問題と最適ネットワーク問題への拡張について，土木学会論文報告集，第258号，1977
(12) 茨木俊秀；数理計画法(4)～(5)；オペレーションズ・リサーチ 1970
(13) マクミラン著；数理計画入門 1，東京図書
(14) [illegible]；数理計画入門，森北出版
(15) FACOM 230 MPS解説書，富士通
(16) [illegible]；数理計画法，岩波書店