道路ネットワークの最適補修工事実施計画

中里 悠人 [1]・水谷 大二郎 [2]

[1]学生会員　東北大学大学院　工学研究科（〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06）
E-mail: yuto.nakazato.s1@dc.tohoku.ac.jp
[2]正会員　東北大学助教　大学院工学研究科（〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06）
E-mail: daijiro.mizutani.a5@tohoku.ac.jp

社会基盤施設群の維持管理分野では，年度ごとに補修すべき施設を示す最適補修施策に関する研究が蓄積されてきた．しかし，最適補修施策を実際の施設群の維持管理に適用する際には，各年度内における補修工事実施日程を改めて決める必要がある．特に道路ネットワークにおいては，補修工事を行う際に発生する利用者への影響や補修工事費用は，同時に補修する施設の組み合わせに依存して大きく変化する可能性が存在する．本研究は，道路ネットワークにおける年度内に補修すべき施設が補修施策によって決定している場合の，日単位の最適補修工事実施計画問題を対象とする．補修で発生する，補修工事費用とネットワークの利用者費用には規模の経済性が存在するが，本研究ではこれらの費用をを線形形式で表現することで，問題を簡単な混合整数線形計画問題（MIP）として定式化する．数値計算では，MIP として定式化された最適補修工事実施計画が市販のソルバーを用いて簡単に計算することがができ，さらにはランダムに補修工事実施計画を決定する場合と比較して，補修工事費用と利用者費用を同時に削減できることを示す.

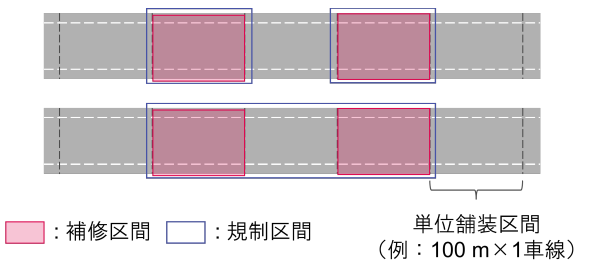
Key Words: *asset management, repair schedule, road network, user cost, economies of scale, MIP*

1.　はじめに

高速道路等の道路ネットワークに含まれる道路舗装は，荷重や風雨などによって劣化する．劣化に起因した事故やネットワークの途絶を防ぐため，道路ネットワークの管理者は舗装に対して適宜補修を実施する必要がある．アセットマネジメント分野では，社会基盤施設の安全性を保ちつつライフサイクル費用を削減できる維持管理施策に関する知見が蓄積されてきた．維持管理施策は施設の維持管理の意思決定の手法であり，予算が年度ごとに分配されることや，経営や決済が年単位で行われることを考慮し，多くの維持管理施策は年度ごとの工事を実施する施設の決定を目的としている[1),2),3),4),5)]．道路ネットワークにおける舗装の補修に着目した維持管理施策である，補修施策を現場レベルで実用化する際には，施策によって決定された年度ごとの工事が必要な施設から，日単位の補修工事実施計画をさらに作成する必要がある．しかし，道路ネットワーク内では同時補修が望まれる舗装区間の組み合わせと同時補修が望まれない舗装区間の組み合わせが同時に存在するため，最適な補修工事実施計画の直感的な策定は困難である．

同時補修が望ましい舗装区間の組み合わせが存在する理由として，道路ネットワークの補修工事費用に規模の経済性があげられる．補修を行う際には，舗装区間が位置する道路区間で交通規制を行い，建設機材などを用いて工事を行う．補修工事で発生する補修工事費用は，舗装区間の数に比例する材料費や人件費などの補修変動費用，交通規制区間の数に比例する規制変動費用，建設機材の運搬費用などの補修固定費用の三種類に分類できる．同じ連続した規制区間に含まれる舗装区間を同じ日にちに補修する場合は一つの建設機材で同時に補修することができ，舗装区間あたりの補修固定費用を削減できる．隣接する舗装区間を同じ日にちで連続規制で補修するだけではなく，近隣する補修が必要な舗装区間に対して，間の補修が必要のない区間に対しても規制を行うことで，長い連続規制を構築し，同時に補修することで補修固定費用を削減することも考えられる．例えば図-**1** 上のような，一つ離れた二区間で補修が行われるとき，その間の区間を規制し，補修する二区間図-**1** 下のように同じ連続規制内で補修することが考えられる．規制変動費用が一単位余分に必要になるが，補修固定費用を一単位削減でき，補修固定費用が規制変動費用より高い場合が多いため，図-1 下のほうが費用を削減できる．補修工事実施計画を策定する際には，このような近隣舗装区間の同時補修による補修固定費用の削減を取り込むことが望まれる．

同時補修が望ましくない舗装区間の組み合わせが存在する理由として，道路ネットワークの代替性があげられる．道路舗装の補修工事は夜間に実施され早朝ま



図–1 追加規制による利用者費用の削減

でに終了する．一般的な道路において，舗装の寿命が 5 から 10 年程度，舗装区間が 100m 単位であることを考慮すると，年度内に補修が必要な舗装区間数が日数 (365 日) を超え，複数の舗装区間が同じ日に補修されることは起こりうることである．補修のための交通規制により，該当する道路区間の交通容量は低下する．この時，ネットワーク内で代替性のある複数の道路で同時に補修が実施された場合，ネットワーク全体の交通容量が大きく低下する．ネットワークの容量が交通需要を下回った場合，渋滞などにより利用者費用が増加する．補修工事実施計画を策定する際には，このような代替性のある道路区間の同時補修による利用者費用の増加を避けることが望まれる．補修工事費用を考慮した場合規制区間が増加するが，規制区間が増加した場合ネットワークの容量低下が起きかねない．このように，補修費用と利用者費用が同時に存在する道路ネットワークにおいては，補修工事実施計画問題は複雑であり，数理的な最適解の求め方が必要である．

既往研究として，Mohammad et al[6) は同じく最適補修工事実施計画を対象とした研究である．Mohammad et al は，ネットワークの年度内の大規模な工事プロジェクトの実施計画問題を対象としており，工事による道路ネットワークの利用者費用の増加に加えて，工事による周辺地域への経済影響を考慮した問題を取り扱っている．しかし，特定な大規模な工事プロジェクトを対象としているため，予算が潤沢にあり補修工事費用を考慮する必要がなく，経年的な道路ネットワークの補修工事実施計画問題とは相性が悪い．Lethanh et al[7) や中里ら[8) は補修工事費用の規模の経済性を考慮した研究であるが，補修工事費用を削減するために行われる交通規制が多めに行われ，交通規制が道路ネットワークの利用者に与える影響の大きさが不明である．本研究と同様に補修工事費用と利用者費用を両方考慮した研究として，Medury&Madanat[9) は，簡単な道路ネットワークのライフサイクル費用（LCC）を最小化する補修施策最適化問題を対象としており,「Approximation Dynamic Programming(ADP)」を用いて複数のサブネットワークごとの LCC 最小化問題として補修施策を導出している．しかし，大規模な道路ネットワークにおけるサブネットワークの分割手法や組み合わせ爆発が課題となり，実際の規模の道路ネットワークでは解の導出が困難である．このように，i) 日レベル，道路区間レベルの，ii) 大規模な道路ネットワークの補修を対象とした，iii) 補修工事費用と利用者費用を考慮した，最適補修工事実施計画を取り扱った研究は存在しない．

本研究では，補修施策などによって決定された年度ごとの補修が必要な舗装区間を与件とした，年度内の道路ネットワークの最適補修工事実施計画問題を定式化する．通常日単位，道路区間単位の定式化では，解の状態空間が莫大になり，さらにネットワーク依存な費用を目的関数に組み込む場合，組み合わせ爆発により最適解の導出が困難になる．そこで，規模の経済性が存在する補修工事費用と，ネットワークの形状に応じて変化する利用者費用を，それぞれ簡単な線形形式で表現することで，問題を簡単な混合整数線形計画問題（MIP）として定式化する．MIP として定式化することで，市販のソルバーなどを用いて解を簡単に導出することが可能になる．

以下，**2.** で本研究の対象となる道路ネットワークの設定の記述及び最適補修工事実施計画問題の定式化を行う．**3.** では，Nguyen ネットワークを用いた数値計算を行い，定式化した最適補修工事実施計画問題が簡単な市販ソルバーを用いて解けることができることと，ランダムに補修工事を実施する場合と比較して補修工事費用と利用者費用を同時に削減できることを示す **4.** で本研究の結論と今後の課題を述べる．

2. 道路ネットワークの補修工事実施計画問題

年度内に補修すべき舗装区間が補修施策などによって決定されている場合の，年度内の日単位の補修工事実施計画を定式化する．

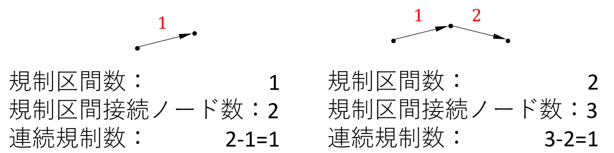
(1) 補修工事費用

本研究では，対象とするネットワークを有向グラフ $\mathcal{G}(\mathcal{N},\mathcal{A})$ で表現する．$\mathcal{N}$ はノード集合，$\mathcal{A}$ はノードを繋げる有向リンク集合である．通常の道路ネットワークにおいては，リンクはノードを接続するもので，区間は同じ長さの道路であるが，本研究ではすべてのリンクが同じ長さの道路区間によって構成されているような道路ネットワークを対象としており，リンクが区間そのものであるため，以下統一して区間として表記する．日にち t の補修工事実施計画は補修ベクトル $\boldsymbol{\delta}(t)$，規制ベクトル $\boldsymbol{\xi}(t)$ で表現できる：

$$\boldsymbol{\delta}(t) \equiv [\delta_{i,j}(t)|\forall(i,j)\in\mathcal{A}] \quad (1)$$

$$\boldsymbol{\xi}(t) \equiv [\xi_{i,j}(t)|\forall(i,j)\in\mathcal{A}] \quad (2)$$

$\delta_{i,j}(t), \xi_{i,j}(t)$ はそれぞれ日にち t における区間 (i,j) の補修，規制の有無を示しており，1 の場合あり，0 の場合



図–2 連続規制数の計算例

なしを意味する．日にち t の補修工事費用 $r(\boldsymbol{\delta}(t), \boldsymbol{\xi}(t))$ は以下のように定式化できる：

$$r(\boldsymbol{\delta}(t), \boldsymbol{\xi}(t)) \tag{3}$$

$$=\alpha \sum_{(i,j)\in\mathcal{A}} \delta_{i,j}(t) + \beta \sum_{(i,j)\in\mathcal{A}} \xi_{i,j}(t) + \gamma l(\boldsymbol{\xi}(t)) \tag{4}$$

$$l\boldsymbol{\xi}(t)) = \sum_{(a)\in\mathcal{N}} \epsilon_a(t) - \sum_{(i,j)\in\mathcal{A}} \xi_{i,j}(t) \tag{5}$$

$$\epsilon_a(t) = \begin{cases} 1 & \text{if} \quad \xi_{a,j}(t) = 1 \quad \forall(a,j) \in \mathcal{A} \\ 1 & \text{if} \quad \xi_{i,a}(t) = 1 \quad \forall(i,a) \in \mathcal{A} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \tag{6}$$

ここで，α は補修変動費用の単価，β は補修規制費用の単価，γ は補修固定費用の単価である．式 (3) 右辺第一項は補修区間の数 $\sum_{(i,j)\in\mathcal{A}}$ に比例する補修変動費用，第二項は規制区間の数 $\sum_{(i,j)\in\mathcal{A}}$ に比例する規制変動費用，第三項は連続規制区間数 $l(\boldsymbol{\xi}(t))$ に比例する補修固定費用である．

本研究では，同じ連続した規制区間であれば，建設機材費用などの補修固定費用が一単位しか発生しないという設定であるため，連続規制区間数 l は，補修する区間に接続しているノードの数 $\sum_{(a)\in\mathcal{N}} \epsilon_a(t)$ と規制区間の数 $\sum_{(i,j)\in\mathcal{A}}$ で計算できる．ある区間を追加で規制を行う場合，両端の 2 ノードが規制区間に接続するが，隣接する区間が既に規制されている場合，1 ノードのみが規制区間に追加で接続されるため，このような方法で規制区間の数を計算できる．例として，図-2 左のような 1 区間のみで規制する場合，連続規制数は規制区間接続ノード数 2 と規制区間数 1 の差の 1 である．図-2 右のような連続した 2 区間で規制する場合，連続規制数は規制区間接続ノード数 3 と規制区間数 2 の差の 1 である．補修区間接続ノード数という新しい変数を導入することで，このように補修工事費用の規模の経済性を簡単な線形モデルで表現することが可能である．

(2) 利用者費用

本研究では，最小費用流を用いてネットワークの利用者費用を評価する．道路ネットワークの交通量配分手法は多く存在するが，本研究では日にちごとに道路ネットワークの形状が変化しするため，利用者が最適な選択を行う確率は相対的に低く，あくまでネットワークの指標として用いるため，最も単純な形式の一つである最小費用流を用いる．また，最小費用流を用いることで問題が線形になり，大規模な問題でも市販のソルバーによる解の導出が簡単になる．

ネットワークに K 種類の交通需要が存在する場合，交通需要の集合 $\mathcal{F}$ は以下のように定義できる：

$$\mathcal{F} \equiv \{(O_k, D_k), f_k)|\forall k \in \mathcal{K}\} \quad \mathcal{K} \equiv \{1, 2, \cdots, K\} \tag{7}$$

ここで，O_k は k 種目の交通需要の始点，D_k は k 種目の交通需要の終点，f_k は k 種目の交通需要の量となる．区間 $(i,j) \in \mathcal{L}$ に 1 単位のフローが一日分流れる場合の利用者費用は $c_{i,j}$；区間 $(i,j) \in \mathcal{L}$ には流せるフローの上限は $\mu_{i,j}$；日にち t に区間 $(i,j) \in \mathcal{L}$ に流れる k 種目の交通量は $y_{i,j,k}(t)$ と記述する．

日にち t に補修工事を行う区間においては，その日交通容量が $\rho(0 \le \rho < 1)$ 倍になると仮定する．交通需要がネットワークの容量を上回る場合，その分の利用者はトリップを放棄する．トリップを放棄した利用者あたりの費用は一定で C とし，放棄交通量は $\hat{w}_k(t)$ と表す．

補修ベクトルが $\boldsymbol{\delta}(t)$ の時，その日の利用者費用 $u(\boldsymbol{\delta}(t))$ は，以下最小費用流問題を用いて計算できる：

$$u(\boldsymbol{\delta}(t))$$

$$=\epsilon[\min_{\boldsymbol{w}(t),\hat{\boldsymbol{w}}(t)} \sum_{k\in\mathcal{K}} \sum_{(i,j)\in\mathcal{L}} c_{i,j} w_{i,j,k}(t) + C\hat{w}_k(t)] \tag{8}$$

$$\text{s.t.} \sum_{(n,j)\in\mathcal{L}} w_{n,j,k}(t) - \sum_{(i,n)\in\mathcal{L}} w_{i,n,k}(t) = 0$$

$$\forall n \in \mathcal{N} \setminus \{O_k, D_k\}, \quad \forall k \in \mathcal{K} \tag{9}$$

$$\sum_{(O_k,j)\in\mathcal{L}} w_{O_k,j,k}(t) + \hat{w}_k(t) = f_k \quad \forall k \in \mathcal{K} \tag{10}$$

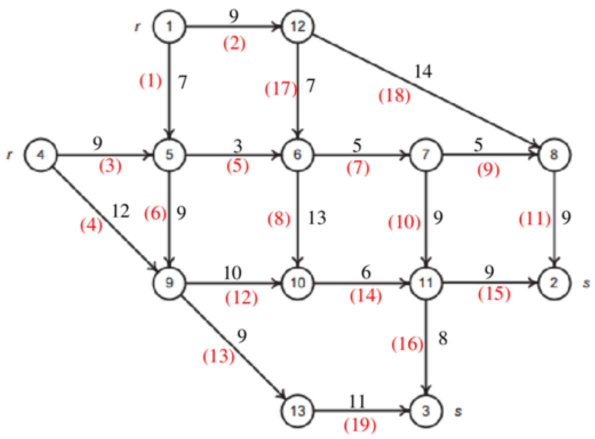
$$\sum_{(i,D_k)\in\mathcal{L}} w_{i,D_k,k}(t) + \hat{w}_k(t) = f_K \quad \forall k \in \mathcal{K} \tag{11}$$

$$\sum_{k\in\mathcal{K}} w_{i,j,k}(t) \le \mu_{i,j}(\rho)\delta_{i,j}(t)) \quad \forall(i,j) \in \mathcal{L} \tag{12}$$

$$w_{i,j,k}(t) \ge 0 \quad \forall(i,j) \in \mathcal{L}, \quad \forall k \in \mathcal{K} \tag{13}$$

$$\hat{w}_k(t) \ge 0 \quad \forall k \in \mathcal{K} \tag{14}$$

ϵ は時間価値原単位であり，金額/時間の次元を有する外生変数である．目的関数の式 (8) は道路ネットワークの利用者費用の合計とトリップを放棄した利用者費用の合計である．式 (9) は各種交通需要の，始点終点以外では，流入，流出交通量の合計が 0 となることを意味する；式 (10) は各種交通需要の，始点からの流出交通量の合計が交通需要の量と同じになることを意味する；式 (11) は各種交通需要の，終点への流入交通量の合計が交通需要の量と同じになることを意味する；式 (12) は区間を経由する総交通量は，その区間の容量以下であることを意味する；式 (13) は区間を経由する各種交通量の非負制約；式 (13) は放棄交通量の非負制約である．



図–3 数値計算で用いる Nguyen ネットワーク

(3) 最適補修工事実施計画

以上を用いて，最適補修工事実施計画は以下のように定式化できる：

$$\min_{\{\delta(t),\xi(t)|\forall t\in\mathcal{T}\}} \sum_{t\in\mathcal{T}} c(\boldsymbol{\delta}(t)) + u(\boldsymbol{\delta}(t)) \tag{15}$$

$$\begin{cases} \xi_{i,j}(t) & \geq \delta_{i,j}(t) \\ \sum_{t\in\mathcal{T}} \delta_{i,j}(t) & \geq s_{i,j} \end{cases} \quad \forall(i,j)\in\mathcal{A} \tag{16}$$

$$\text{where} \quad \mathcal{T} \equiv \{1,\cdots,365\} \tag{17}$$

$$(1) \sim (14)$$

ベクトル $\boldsymbol{s} \equiv [s_{i,j}]$ は補修施策問題によって決められた，年度内の補修すべき舗装区間を表すベクトルである．年度内に区間 $(i,j)\in\mathcal{A}$ が補修が必要な場合は $s_{i,j}=1$，補修が必要ない場合は $s_{i,j}=0$ である．式 (16) は，補修する区間に対しては規制を行う必要があり，$s_{i,j}=1$ である区間は年度内に最低一度補修する必要があることを意味する．

3. 数値計算

(1) 数値計算の設定

数値計算事例において，図-**3** の Nguyen のネットワークを用いる．準備として，まずネットワークの各リンクを 100m 単位のごとに区切った区間とノードからなる道路ネットワークに変化する．元の Nguyen のネットワークは 19 リンクであるのに対して，変換後のネットワークは 2,602 個の 100m の舗装区間からなる道路ネットワークに変換される．新しいネットワークに対して，ランダムに補修が必要な施設（補修シナリオ）を生成し，i) ランダムに補修日程を決定するランダム計画を適用する場合と，ii) 最適補修工事実施計画を適用する場合，で比較し，利用者費用と補修工事費用を比較する．ここでは，全区間の約 20% の区間を補修するシナリオを 3 回生成し，費用を比較する．

数値計算は市販のソルバーを用いて行う．また，日にちごとの費用が補修ベクトル，規制ベクトルのみによって決定されるため，特定の二日の補修，規制ベクトルを交換しても目的関数の値は変化しない．そこで，ソルバーを用いて計算するときは，日にちごとの割引率 $p^t (p=0.95)$ を追加した目的関数を設定し，得られた結果から元の費用を算出する．計算で用いるパラメータはすべて表-**1** の通りである．補修すべき施設は与件として決定されているため，補修工事実施計画によらず，補修変動費用は一定であるため，ここでは 0 として計算結果から除外する．

(2) 数値計算結果

結果は表-**2** のとおりである．最適補修工事実施計画の計算時間はおよそ 1 時間半であった．全てのシナリオにおいて，ランダムに補修日程を決定するランダム計画を適用する場合と比較して，提案した最適補修工事実施計画を適用する場合のほうが，補修工事費用も利用者費用も削減できた．

補修工事費用に着目すると．最適補修工事実施計画においては規制区間数が多く，連続規制数が少ない．これは，規制区間を長くすることで，同じ連続規制で複数区間の同時補修による補修工事費用削減が行われていることを意味している．また，規制区間は増加しているが放棄交通量は低下しており，それに応じて道路ネットワークの利用者費用も低下している．このように，最適補修工事実施計画は補修工事費用と利用者費用を同時に削減することが可能であることが判明した．

4. 終わりに

本研究では，年度内の日単位，100m 区間単位の道路ネットワークの最適補修工事実施計画を，混合整数線形計画問題として定式化した．道路ネットワークの維持管理の問題においては，規模の経済性が存在する補修費用と，ネットワークの構造に応じて変動する利用者費用の存在により，解の導出が困難になるが，本研究ではそれらを簡単な線形形式で表現することで，問題を解きやすい MIP として定式化できた．数値計算では，市販のソルバーを用いてある程度短い時間で最適補修工事実施計画を計算できることが確認できた．最適補修工事実施計画を用いた場合，補修工事費用を削減するために交通規制区間が増加するが，利用者費用を逆に削減できることが判明した．本研究は道路舗装に限定した定式化を行っているが，道路舗装のみならず，補修工事費用に規模の経済性が存在する施設，補修工事を行うために交通規制を行う必要がある道路上施設全般の補修工事実施計画問題に適用できる．

今後の研究課題として，i) より実務的な問題設定を取り入ったモデル開発，ii) 上位問題にあたる補修施策最

表–1 数値計算で用いるパラメータ

交通需要:$\mathcal{F}$	((1,2),320),((1,3),640),((4,2),480),((4,3),160)
リンクの容量低下割合:ρ	0.5
放棄コスト:C	4,800
補修変動費用単価:α	0
規制変動費用単価:β	1,000
補修固定費用単価:γ	5,000
時間価値原単位:ε	1

表–2 各シナリオにおけるランダム補修工事実施計画と最適補修工事実施計画の結果

		補修区間数	規制区間数	連続規制数	補修工事費用	利用者費用	放棄交通量
シナリオ 1	ランダム計画	508	508	508	3.05.E+06	4.39E+08	2.78.E+04
	最適計画	508	971	213	2.04.E+06	3.25E+08	1.01.E+03
シナリオ 2	ランダム計画	534	534	534	3.20.E+06	4.38E+08	2.74.E+04
	最適計画	534	995	233	2.16.E+06	3.35E+08	3.26.E+03
シナリオ 3	ランダム計画	544	544	543	3.26.E+06	4.43E+08	2.88.E+04
	最適計画	544	1,032	220	2.13.E+06	3.31E+08	2.38.E+03

適化問題との同時最適化問題，の二つの方向性が考えられる．より実務的な問題設定を取り入ったモデル開発について，本研究では，年度ごとに補修すべき舗装区間が年度初めに決定される問題を考慮していた．実際の現場では，継続的に点検を行い，補修が必要である区間が年度内にも新たに追加されるケースが存在する．新しい補修が必要な区間の増加を確率的にとらえた年度内の動的な補修工事計画問題や，新しい補修が必要な区間が見つかるごとに補修工事計画を更新する問題が考慮できる．補修施策最適化問題との同時最適化問題については，本研究では補修施策で得られた結果を用いて最適補修工事実施計画を定義しているが，最適補修工事実施計画をもとに補修施策を見直し，道路ネットワークの長期的な補修施策から短期的な補修工事実施計画の同時最適化問題が考えられる．既存の維持管理では年度ごとの予算配分や経営決済が一般的であるが，このような同時最適化問題により，より適切な意思決定期間（例：四半期単位の予算配分や経営決済）が判明する可能性も存在し，維持管理の枠組みを対象とした研究も考えられる．

参考文献

1) Friesz, T. L. and Fernandez, J. E.: A model of optimal transport maintenance with demand responsiveness, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol.13, Issue 4, pp.317-339, 1979.
2) Madanat, S.: Optimal infrastructure management decisions under uncertainty, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol.1, Issue 1, pp.77-88, 1993.
3) Madanat, S. and Ben-Akiva, M.: Optimal inspection and repair policies for infrastructure facilities, *Transportation Science*, Vol.28, Issue 1, pp.55-62, 1994.
4) Li, Y. and Madanat, S.: A steady-state solution for the optimal pavement resurfacing problem, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol.36, Issue 6, pp.525-535, 2002.
5) Brühwiler, E. and Adey, B.: Improving the consideration of life-cycle costs in bridge decision-making in Switzerland, *Structure and Infrastructure Engineering*, Vol.1, Issue 2, pp.145-157, 2005.
6) Miralinaghi, M., Woldemariam, W., Abraham, D. M., Chen, S., Labi, S., and Chen, Z.: Network‐level scheduling of road construction projects considering user and business impacts. *Computer‐Aided Civil and Infrastructure Engineering,* Vol.35(7), pp.650-667. 2020.
7) Lethanh, N., Adey, B. T. and Burkhalter, M.: Determining an optimal set of work zones on large infrastructure networks in a GIS framework, *Journal of Infrastructure Systems*, Vol.24, Issue 1, 04017048, 2017.
8) 中里悠人，水谷大二郎，奥村誠：小規模道路舗装の時空間的補修同期化施策，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5 (土木計画学研究・論文集第 38 巻), I_233-I_240, 2021.
9) Medury, A. and Madanat, S.: Incorporating network considerations into pavement management systems: A case for approximate dynamic programming, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol.33, pp.134-150, 2013.

OPTIMAL DAILY REPAIR SCHEDULE FOR ROAD NETWORK

Yuto NAKAZATO, Daijiro MIZUTANI

Many studies have been presented to optimize long-term repair policies that specify facilities to repair in the road network within a year. However, we cannot implement the repair policy without a repair schedule that identifies the facilities to repair on each day. This study targets on the optimal daily repair schedule for the road network when facilities need repair in the year is already decided by the long-term repair policy. In terms of the network cost, we consider the repair costs of the road network that has economies of the scale and the user costs that changes according to the capacity of the network and the traffic demand. The problem is formulated as a mixed integer linear programming problem (MIP) and the network user costs and the network repair cost are expressed in linear form so that optimal solution can be easily computed using a general optimizer . Numerical results show that the optimal daily repair schedule can be calculated in acceptable time and that the the optimal daily repair schedule can reduce both the user cost and the repair cost of the road network compared to the randomly decided daily repair schedule.