

医療施設へのアクセスを2系統で保証する道路網の構成手法

山口大学 正員 南 正昭

1. 研究目的

本研究では、医療施設が道路網で連携され、人命を維持することに果たしている重要な役割に着目し、特に地域で拠点的な役割を担う医療施設へのアクセスを確保できる道路網のネットワーク構造について考察する。

本稿では、災害等に伴う道路途絶の発生時においても当該医療施設への経路が確保できるよう、アクセス経路が2系統で保証される道路網の構成方法についてまとめる。

2. 問題設定と分析方法

高度な設備を有し地域で中心的役割を担う救急告示病院、あるいは地震災害を念頭においた広域防災拠点への緊急輸送ルートの確保等においては、当該施設が存在する最寄りの施設ノードへのアクセスが課題となる。

そこで本稿では、このような拠点的な都市施設へのアクセスの確保を課題とし、目的地変更を考慮に入れ、施設ノードへの到達を2系統で保証する道路網を構成する問題を取り扱うこととした。

本稿においては、道路網に生じるダメージは、リンクにのみ生じるものと仮定し、施設そのものに機能停止が生じることは考慮していない。すなわち当該施設あるいは都市配置を所与とした場合の、道路網構成に焦点をあてる。

経路途絶時における道路網の機能低下を表現する指標として、本稿では式(1a)に示したRIDiを指標として用いることとした。式(1a)～(1d)において、1番目に選択される施設の存在する目的地となる都市をj1、j1への経路途絶発生時に2番目（次善）に選択される施設の存在する目的地となる都市をj2で表す。このj1とj2は同一目的地であることもあり得る。また都市ノードij間の最短経路をSPi,j、目的地j1への最短経路すなわちj1への基準ルートをPo,i,j1、Po,i,j1のli,j1(li,j1=1, ..., li,j1max)番目構成リンク途絶時におけるj2への最短経路を(Pa,ij2)li,jl、経路P・の所要時間をt(P・)で表す。

本研究では、道路途絶が生じた異常時において、平常時に比して機能低下の小さい道路網を構成することを目

標とする。各都市について事前にRIDiについての制約をRIDi⁻として与え、その制約を満たし総整備費用を最小とする道路網のネットワーク構造を導出する。

具体的な計算手順は、以下のものである（図1）。分析対象とする全道路網の所要時間、リンク整備費用および都市ノードデータを用意する。全道路網上で式(1c)より基準ルートを選定する。本稿で、すべての基準ルートが構成する道路リンク集合を1次ネットワークとよぶ。

まず全道路網上で、RIDiを算出し、これをRIDo,iとする。このRIDo,iは、整備費用を考慮せず所与とした全て



図1 構成問題の計算手順

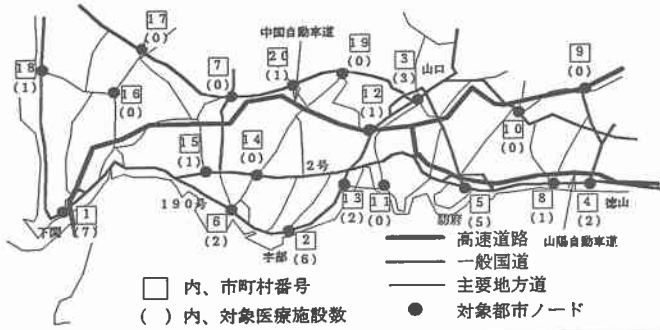
$$RIDi = \min_{l,j1} LRID_{l,j1} \quad (1a)$$

$$LRID_{l,j1} = 1 + \frac{t(P_{0,i,j1})}{t(P_{a,i,j2})_{lj1}} \quad (1b)$$

$$t(P_{0,i,j1}) = \min_j t(SP_{i,j}) \quad (1c)$$

$$t(P_{a,i,j2})_{l,j1} = \min_j t(SP_{i,j})_{l,j1} \quad (1d)$$

$$(l,j1=1, \dots, l,j1_{\max})$$



市町村番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
市町村名	下関	宇部	山口	徳山	防府	小野田	美祿	新南陽	鹿野	徳地	秋徳	小郡	阿知須	楯	山陽	菊川	豊田	豊浦	美東	秋芳

図2 対象道路網

して導かれた RID_i^- を満たす道路リンク集合を、本稿で2次ネットワークとよんでいる。

3. 分析事例

充実した設備・スタッフおよびメジャーな診療科の存在を前提に100床以上を有する救急告示病院を対象施設として取り上げ、当該施設へのアクセスを2系統で保証する道路網の構成例を示す。対象道路網は、山口県南部の主要県道、一般国道、高速道路（平成6年時点）とした（図2）。各道路リンクに必要な道路整備費用は、平成4年度時点における山口県道路整備計画に基づき事業費を算出した値を用いた。

図3が1次ネットワーク、図4が最適化計算の結果得られた2次ネットワークを示している。

表1に示したように、全道路網上で算出された RID_o, i の最小値が、市町村番号11または20における1.33となったため、 $RID_i^- = 1.33$ と設定して2次ネットワークを探索した。また最終的に算出された RID_i は、この制約を満たしていることを確認できる。

当該施設を保有しないどの市町村からも、必ず2系統で当該施設への経路が確保されていることが確かめられる。たとえば市町村番号10の徳地町からは、防府市が1番目目的地として選択されている。防府市への経路に途絶が発生した場合、距離的には市町村番号8の新南陽市に近いが、 RID_i^- の制約を満たす範囲で整備費用の低い徳山市への経路が選択されている。またこの経路は、都市番号9の鹿野町からの2番目経路と道路リンクを共有する結果となっている。

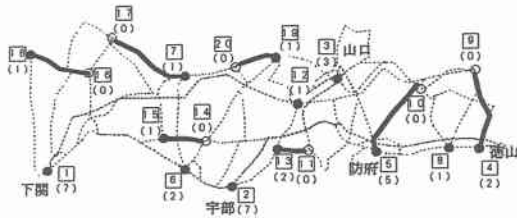


図3 100床以上の救急告示病院への1次ネットワーク

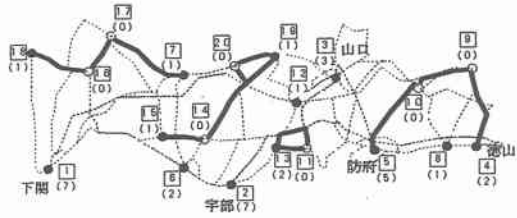


図4 100床以上の救急告示病院への2次ネットワーク

表1 100床以上の救急告示病院を有する市町村への他の各市町村からの RID_o, i および RID_i 計算結果

市町村番号 i	9	10	11	14	16	17	20
RID_o, i	1.86	1.85	1.33	1.67	1.77	1.74	1.33
RID_i	1.86	1.47	1.33	1.44	1.59	1.59	1.33

の道路リンクを、経路選定の対象とした場合の評価値である。この RID_o, i 以下の RID_i^- を設定したならば、必ずその制約を満たすネットワークが少なくとも解として存在することとなる。

RID_i^- の設定の後、全道路網から1次ネットワークを除いた道路リンクを、すべて整備代替案道路リンクとし、ハイブリッドGAを用いて、この制約を満たし総整備費用が最小となる道路リンクの組み合わせを探索する。こう