

消防署の救急搬送業務の現状と 将来予測を踏まえた消防施設の更新・再編と 救急搬送業務の最適化に関する研究

白柳 博章¹ 北村 幸定²

¹正会員 大阪府立大学工業高等専門学校 総合工学システム専攻(〒572-8572 大阪府寝屋川市幸町 26-12)

E-mail:h-shiroyanagi@osaka-pct.ac.jp

²フェロー会員 大阪府立大学工業高等専門学校 総合工学システム専攻(〒572-8572 大阪府寝屋川市幸町 26-12)

E-mail:kitamura@osaka-pct.ac.jp

人口減少・少子高齢化が進む中で救急搬送件数は増加傾向にあり、公共施設の老朽化から公共施設の更新・再編を考える必要がある。本研究では、住民の生命に直接かかわる消防施設の更新・再編にあたっては、施設や立地箇所の安全性といった観点や地域の取り巻く状況等を加味した総合的かつ慎重に考える必要がある。

そこで本研究では、京都府の乙訓地区を評価対象地域として、1) 消防署の救急搬送業務の現状、2) 現在ならびに将来における搬送件数や業務負担量の定量的に把握する。そして、3) 救急搬送の状況を表す時間指標として「平均現場到達時間(理論値)」「平均現場到達時間(理論値)の格差」の2つを提案・算出し、消防署の更新・再編についてシミュレーションを行なった結果、阪急の西山天王山駅付近に再編する事が効率性・平等性を加味した配置場所の提案として適していることを明らかにした。

Key Words : reorganization, emergency transport, equality, average disparity, Expected time required

1. 背景・目的

日本の総人口は、2004年をピークに今後100年間で100年前(明治時代後半)の水準に戻っていくと予想されており、現代の日本では人口減少局面に突入している状態である¹⁾。日本の総人口が減少していく一方で65歳以上の高齢者人口は、1950年以降一貫して増加しており、2012年には3,000万人を超えている²⁾。今後の人口減少と高齢化率の増加に伴う超少子高齢社会に向け、都市の低炭素化³⁾、コンパクトシティ⁴⁾、公共施設の集約と適正化が大きな課題となってくる。しかし、人口が減少傾向にあるのに対して年々救急搬送件数は図-1に示すように増加傾向にあり、この20年間で約2倍も救急出動件数が増加している⁵⁾。

住民の生命に直接かかわる消防施設の更新・再編にあたって、現在ならびに将来における搬送件数や救急搬送に関わる業務負担量といったものを定量的に把握した上で、施設や立地箇所の安全性といった観点や地域の取り巻く状況等を加味して総合的かつ慎重に考える必要がある。本研究では、京都府の乙訓地区(向日市・長岡京市・大山崎町)を対象として消防署の施設配置の適正化

の手法を提案することを最終の目的とする。

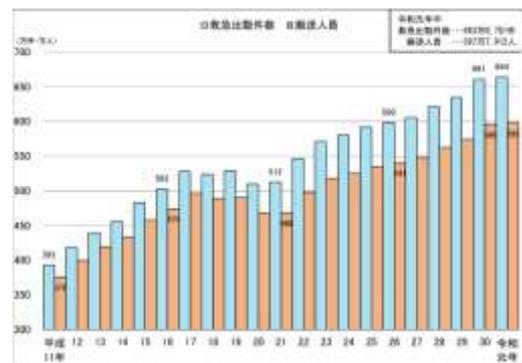


図-1 救急出動件数及び搬送人員の推移⁵⁾

その上で、本論文で示す内容は、下記の3点に集約される。

- 1) 2020年のコロナ禍以降、消防署の救急搬送業務に関する状況は激変した。そこで、第2章にて京都府の乙訓消防、高知市消防でのヒアリングをもとに、消防署の救急搬送業務がどのように変化したかについて概説し、ポストコロナ下での救急搬送業務のあり方について概説する。

- 2) 第3章にて、京都府の乙訓地区において救急搬送件数や業務負担量を定量的に把握する。そして、将来の救急搬送件数の予測を行う。
 - 3) 第4章にて、救急搬送の状況を表す時間指標として「平均現場到達時間（理論値）」「平均現場到達時間（理論値）の格差」の2つを提案・算出し、消防署の更新・再編についてシミュレーションを行う。
- そして、第5章にて、考察とまとめを行う。

2. 消防署の救急搬送業務の現状－乙訓消防と高知市消防を例として－

2020年のコロナ禍以降、消防署の救急搬送業務に関する状況は激変した。そこで、京都府の乙訓消防、高知市消防でのヒアリングを行い、消防署の救急搬送業務の最新の状況等について概説する。

京都府の乙訓消防では、2016年の救急搬送件数は6,280件であったが、2019年（令和元年）には7,000件近くまで増加した。2020年（令和2年）に入るとコロナによる緊急事態宣言の発令により救急搬送件数は前年と比べて減少し、6,028件となった。これは自宅からの外出や通院を控えたりして、人々の行動・ライフスタイルが根本的に変化した結果であり、2021年10月1日以降コロナによる緊急事態宣言が全面解除となった場合に、搬送件数が元の状況にまで戻るかどうかは不明である。なお、2021年1～6月まででは2,989件となっており、前年同期の2020年1～6月の2,984件とほぼ同数であった。

次に、京都府においては、2021年10月1日時点で、緊急事態宣言が2020/4/1～5/21, 2021/1/14～2/28, 4/25～6/20, 8/20～9/30の間、まん延防止等重点措置は2021/4/12～4/24, 6/21～7/1, 8/2～8/19の間で発令されていた。その間の月ごとの搬送件数については、2月で比較すると、2020年の524件に対し、2021年は419件、4月で比較すると、2020年の424件に対し、2021年は537件と、緊急事態宣言が月の大半で発令されていた時期においては、搬送件数は月100件程度減少しており、緊急事態宣言の発令により搬送件数はかなり減少している。

高知市消防については、327千人の人口に対し2020年で約18,000件もの救急搬送件数があり、乙訓消防における154千人の人口に対する約7,000件の救急搬送件数と比較すると、人口に対する救急搬送件数の割合は非常に高いエリアであるといえ、全国トップクラスである。高知市では市町村合併を契機として、公共施設再編実施計画や立地適正化計画をベースにして、消防庁舎の更新・再編が進んでいる。しかしながら2020年の公共施設再編実施計画で謳われている施設の4割減（2030年/2020年比）という案については、救急搬送件数の近年の増大傾向を

踏まえるとほぼ実施不可能であると言え、反対意見が多数である。また覚知から現場へ到達するまでの時間（現場到達時間）を概ね8分以内にするという目標があることから、どのように消防庁舎の再編を行っていくか、現場サイドでは苦慮している、とのことであった。

3. 京都府の乙訓地区における救急搬送件数や業務負担量の分析

(1) 評価対象地域の概要

評価対象地域は、道路交通網の向上が進められている京都府の乙訓地区(向日市・長岡京市・大山崎町)を取り上げる。乙訓地区は面積32.86km²、人口154,117人(平成30年度)のエリアである⁹⁾。昭和30年代後半から、京都・大阪都市圏のベッドタウンとして低・中層住宅建設が進み、自然環境や歴史文化にも優れた近郊住宅都市を形成している。また、JR東海道本線、阪急京都線が並行して走り、バス路線も含め公共交通機関の利便性が非常に高い状況である。

乙訓地区には現在、向日消防署・長岡京消防署・大山崎消防署・東分署の4つの消防署と乙訓消防本部が存在している状況である。

(2) 最寄り消防署の定義とエリア分け

乙訓地区における道路ネットワークを構築した上で、救急車は制限速度で走行するという仮定のもと、所要時間に関するダイクストラ法によるプログラム計算を用いて、現場到達時間（理論値）を算出した。さらに4つの消防署からの現場到達時間（理論値）を比較して、最も現場到達時間（理論値）が小さい消防署を最寄り消防署と定義して、4つの消防署のエリア分けを行った。その結果イメージを図-2に示す。



図-2 大字と最寄り消防署

各エリアにおいて発生する全ての救急搬送を、最寄りの消防署にて全て対応することができれば、乙訓地区全体の現場到達時間（理論値）の総合計は最小となるため、救急搬送業務の負担量も最小で済む。

しかしながら、実際には、消防署の救急車の配置台数や人員の偏り、また最寄りの消防署で全ての救急車が出払っている場合に、最寄りの消防署のエリアで救急要請が出た場合には、他の消防署に応援を要請する必要がある。各消防署において応援割合が多くなると救急搬送業務の負担量が増すことにつながる。

(3) 最寄り消防署ごとの救急搬送件数の偏り

そこで、京都の乙訓地区で発生した救急搬送を対象として、それに出動した4つの消防署における出動件数と最寄り消防署を用いて、実際の救急搬送がどの程度最寄りの消防署から出動しているかを算出し、表-1に示す。件数は2016年の実績を用いている。

表-1 救急隊間での救急搬送件数

	向日救急隊	長岡京救急隊	東分署救急隊 (本部)	大山崎救急隊	総出動 (合計)
向日救急隊	1947	627	145	60	2779
長岡京救急隊	78	1248	251	235	1812
東分署救急隊 (本部)	70	87	585	139	881
大山崎救急隊	4	80	41	640	765
最短出動 (合計)	2099	2042	1022	1074	

表-1から向日救急隊では、最寄り消防署エリア内で計2,779件の救急搬送要請があったものの、そのうち向日救急隊が処理したものは1,947件にとどまっており、その割合は70.1%になる。隣接する長岡京救急隊に応援を依頼した件数が627件にも及んでいる。また向日救急隊が処理した件数は2,099件であることから、現状では最寄り消防署エリア内の処理に手が一杯の状態であり、他の消防署への応援なしでは処理しきれない状態にある。

それに対し、大山崎救急隊では最寄り消防署エリア内で計765件の救急搬送要請があり、そのうち大山崎救急隊が処理したものは640件、その割合は83.7%である。また大山崎救急隊で処理した件数は1,074件であることから、最寄り消防署エリア内の処理だけでなく、他の消防署への応援を行えるなど、比較的余裕がある状態にある。

このように、消防署の救急車の配置台数や人員の偏りが原因で、最寄り消防署エリア内の処理については、救急隊によりかなりの差があることが伺える。

(4) 消防署の救急搬送件数の予測

表-1の救急隊ごとの搬送件数と表-2の人口データを用いて、関係式を回帰分析を用いて定義した。若年層、生産年齢層、高齢人口の内、採用したデータは実際の搬送件数と高齢人口である。係数について、補正係数 0.973

と高い値となり t 値についても 10.4 となり有意な結果になった。関係式を式(1)を示す。

$$\text{搬送件数} = 96.638 \times \text{高齢人口} + 0.157 \quad (1)$$

表-2 最寄り消防署ごとの年齢層別人口

	若年層	生産年齢層	高齢者層	高齢化率
向日	8821	37181	17039	27.0%
長岡京	5633	24738	11074	26.7%
東分署	2765	11202	4108	22.7%
大山崎	2639	11457	5287	27.3%
合計	19858	84578	37508	26.4%

乙訓地区の将来人口について、国勢調査の2015年の人口データから名古屋大学のツールを用いて将来人口を算出した。分類については最寄り救急隊エリアごととし、年齢層を15歳未満を若年層、15歳から64歳までを生産年齢層、65歳以上を高齢者層に分類した。年次について2015年から2060年までとした。

そして、搬送件数の将来予測について式(1)と各消防署エリアの高齢者の将来人口から推定した。結果を以下の図-3に示す。

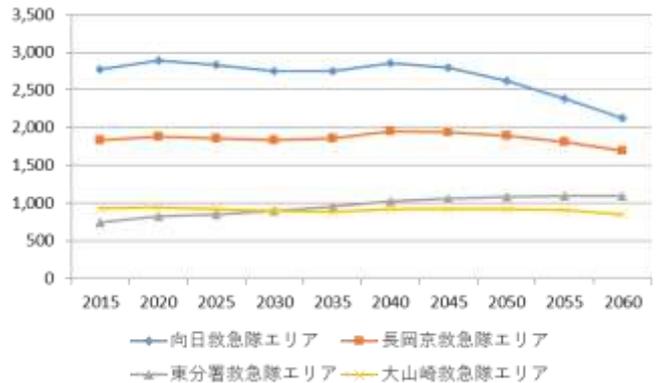


図-3 救急隊エリアごとの搬送件数の将来予測

結果から、2040年頃までは搬送件数は横ばいであり極端に変化しないといえる。2040年以降については東分署救急隊エリアは増加傾向にあるが、それ以外について減少傾向にあるといえる。

(5) 消防署の業務負担量の算出

次に、救急搬送業務の所要時間の分類については、覚知から現場到着までの時間（以下、現場到着時間）、現場での処置時間（以下、現場処置時間）、現場から病院到着までの時間（以下、病院到着時間）の3種類がある。なお、病院から消防署へ戻る時間については記載がない。これらのデータについて一年間分の総所要時間を消防

署ごとに合計し、消防署ごとの合計件数についても合計したものを表-3に示す。各所要時間の単位は分である。

表-3 消防署ごとの救急搬送業務の総所要時間と件数

	現場到着時間	現場処置時間	病院到着時間	合計	件数
向日	12288	28713	17564	58565	1992
長岡京	12573	29803	15704	58080	1895
東分署	6545	14711	7184	28440	946
大山崎	6827	15444	9570	31841	1034
合計	38233	88671	50022	176926	5867

表-3より上記の所要時間のデータを消防署ごとに合計件数で除した平均所要時間（実績値）の結果を表-4に示す。

表-4 救急搬送業務の平均所要時間（実績値）

	現場到着時間	現場処置時間	病院到着時間	合計/件数
向日	6.17	14.41	8.82	29.40
長岡京	6.63	15.73	8.29	30.65
東分署	6.92	15.55	7.59	30.06
大山崎	6.60	14.94	9.26	30.79
平均	6.58	15.16	8.49	30.16

表-4より現場処置に時間を多く要していること、または、搬送先病院の決定に時間を要していることがわかった。消防署ごとにみると、向日消防署は所要時間が多くの項目で短い。長岡京消防署は現場処置時間が長いことから、搬送先の病院を決定するまでの時間が長いと考えられる。東分署消防署は病院到着時間が短いことから搬送可能な病院が付近に多くあることが考えられる。大山崎消防署は病院到着時間が長いことから搬送可能な病院が付近に少ない可能性が考えられる。

4. 消防署の再編についてのシミュレーション

(1) 消防署の再編についての前提条件

(1)

3(2)における最寄り消防署の救急搬送件数の処理結果から、長岡京救急隊・東分署救急隊・大山崎救急隊については、向日救急隊と比べて処理能力に余裕があることがうかがえる。これより、長岡京救急隊・東分署救急隊・大山崎救急隊を再編して新たに消防署を配置するといった案が考えられる。

また、東分署救急隊及び大山崎救急隊が管轄する搬送エリアでは向日救急隊及び長岡京救急隊の搬送件数が約半分であること。さらに、東西方向の行き来は阪急京都線の踏切りにより分断されている為、長岡京救急隊・東分署救急隊・大山崎救急隊を同時に廃止してしまうと、東西方向の救急搬送に多大な支障を及ぼすものと考えられる。

よって、向日救急隊と阪急京都線の西側に位置する長岡京救急隊を残し、阪急京都線の車側に位置する東分署

救急隊・大山崎救急隊の2つを廃止し、新たに1箇所提案する再編計画をおこなうのが現実的な案であると考え、それに対するシミュレーションを行うものとする。

(2) 平均現場到達時間（理論値）の提案・算出と分析

消防署配置の提案を行う上で、救急要請の現場に急行する時間、すなわち現場到達時間が最も短くなる様な配置場所を提案する事が必要であると考えられる。

そのような指標として、本研究では平均現場到達時間（理論値）を提案する。なお、平均現場到達時間（理論値）はあくまでもリンクを制限速度で走行したときの理論値を表しており、表4で示す平均現場到達時間（実績値）とは異なるものである。

大字を*i*、乙訓地区の大字数を*m*、大字*i*の人口を*Pop_i*、*r*を消防署の設置パターン、大字*i*における最寄り消防署までのネットワーク所要時間(s)を*MNT_{i,r}*とすると、パターン*r*における平均現場到達時間（理論値）を式(2)で表す。

$$AveTime_r = \frac{\sum_{i=1}^m Pop_i \cdot MNT_{i,r}}{\sum_{i=1}^m Pop_i} \quad (2)$$

式(2)を用いて、現状の配置での平均現場到達時間（理論値）を算出したところ、140.45(s)となった。

さらに、向日救急隊・長岡京救急隊を残し東分署救急隊・大山崎救急隊を廃止して乙訓地区内の全ノード約2万箇所において平均現場到達時間（理論値）を算出し、その値が最小となるノードをシミュレーションした。

その結果、平均所要時間の最小値が143.74(s)となり場所については、長岡京市調子2丁目(阪急西山天王山駅付近)の結果が得られた。乙訓地区の各ノードの平均所要時間を算出したものを図-4に示す。

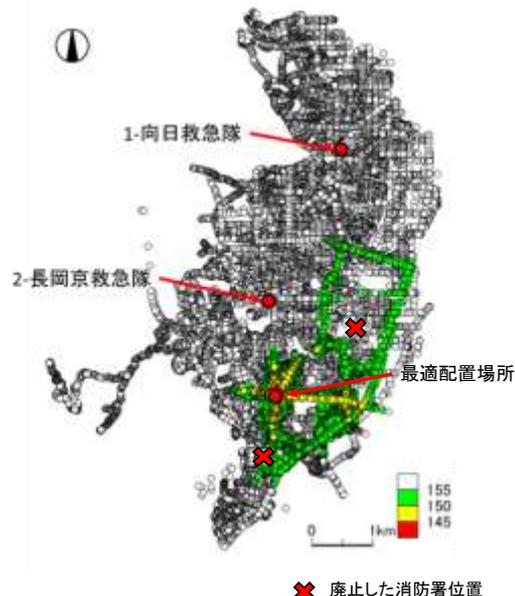


図-4 各ノードにおける平均現場到達時間（理論値）の分布

(3) 平均現場到達時間（理論値）の格差（平等性）に関する指標の提案・算出と分析

施設配置の評価に関する既存研究において、平均現場到達時間（理論値）の効率性に関する議論は文献など多くの研究で行われている。一方で、行政サービスを提供する消防署において住民に対して平等性についても検討する必要があるが、平等性に関する議論は少ない。そのため本節では平等性に関する分析を行う。

平等性の指標について満たすべき公理として移転原理が挙げられる⁷⁾。移転原理とは平均より大きい値が小さくなり、その分平均より小さい値が大きくなったときすなわち、あるペアの差が小さくなった時に必ず指標の値がより平等を示す様に変化することである。偏差と較差はこれを満たさない。また、分散は移転原理を満たすが2乗をとるという恣意的手続きをとっており、平均から離れるほど大きな値となる点で指標として問題がある。ジニ係数も移転原理を満たすが基準化された無次元の値であり指標として物理的解釈が難しいので、平均格差は移転原理を満たし、距離という物理的な量で示す事ができ直感的に理解できる。本節では、指標として平均格差を用いて平等性に関する分析を行う。

大字を i 、乙訓地区の大字数を m 、大字 i の人口を Pop_i 、大字 i における最寄り消防署までのネットワーク所要時間(s)を MNT_i とすると、平均現場到達時間（理論値）の格差（以後：時間格差と表す）を式(3)で表す。

$$\text{格差} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m Pop_i \cdot Pop_j \cdot |MNT_i - MNT_j|}{(\sum_{i=1}^m Pop_i)^2} \quad (3)$$

式(3)を用いて、現状の配置での時間格差を算出したところ、59.17(s)となった。

次に、時間格差においても向日救急隊・長岡京救急隊を残し東分署救急隊・大山崎救急隊を廃止して乙訓地区内の全ノード約2万箇所において時間格差を算出し、その値が最小となるノードをシミュレーションした。

その結果、時間格差の最小値が64.18(s)となり場所については、大山崎町字円明寺小泉川付近の結果が得られた。乙訓地区の各ノードの時間時間を算出したものを図-5に示す。

5. 考察とまとめ

本研究では、第2章にて乙訓消防、高知市消防でのヒアリングをもとに、消防署の救急搬送業務がどのように変化したかについて概説した。その結果、緊急事態宣言の時には救急搬送件数の減少が見られたものの、それ以外の時期では、まん延防止等重点措置も含めてコロナ以前の状況とほぼ同様であり、2021年10月1日時点で、

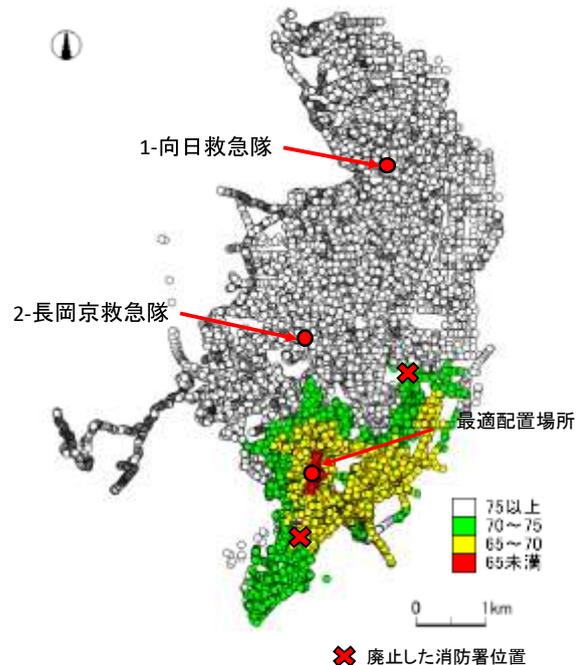


図-5 各ノードにおける時間格差の分布

緊急事態宣言が全面解除されれば、コロナ以前の救急搬送件数に戻る可能性が高いと考える。

第3章にて、京都府の乙訓地区において救急搬送件数や業務負担量を定量的に把握した。その結果、向日救急隊において、現状ではエリア内の処理に手が一杯の状態であり、他の消防署への応援なしでは処理しきれない状態にあることがわかった。そして、将来の救急搬送件数の予測を行なったところ、乙訓地区では2040年付近まで高齢者人口が増加しつづけるため、搬送件数も増加するとの予測が得られた。

第4章にて、救急搬送の状況を表す時間指標として「平均現場到達時間（理論値）」「平均現場到達時間（理論値）の格差」（時間格差）の2つを提案・算出し、消防署の更新・再編についてシミュレーションを行なった。その結果、現状配置と東分署救急隊及び大山崎救急隊を廃止して長岡京市調子2丁目(阪急西山天王山駅付近)に統合した場合での所要時間を比較すると3.289(s)長くなる結果が得られた。また時間格差を用いた分析では、現状配置と東分署救急隊及び大山崎救急隊を廃止して大山崎町字円明寺小泉川付近に統合した場合での所要時間を比較すると5.01(s)長くなる結果が得られた。統合後の方が平均格差が長くなった要因としては、配置場所としては南部の人口の多い地区に配置されているが、市民の平等性に関する指標であるため効率性だけを重視していない事により所要時間が長くなった事に影響したと考えられる。

上記に示した指標を用いて分析を行い配置場所についての提案を行なった結果距離としては約200m程の差し

か無かったため、現状の消防施設配置から再編を行ったとしても影響が少ないと考えられる。

今後は、消防署から現場までのネットワーク所要時間だけでなく現場から病院、病院から消防署までのネットワーク所要時間を考慮した上で、理論値ではなく実績値に近づけた指標に改良することにより、現場到着時間といった時間指標を用いて、消防署所の広域化・統合・再編、救急業務の最適化に関する定量的評価を精緻に行い、現場サイドと学術サイドが連携して諸問題を解決できれば幸甚である。

謝辞：本研究は一般財団法人日本デジタル道路地図協会（DRM 協会）の令和 3 年度研究助成（助成番号 2102）を受けたものです。また、救急搬送データの提供及びひびアリングに快諾していただいた乙訓消防組合、高知市消防組合の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 我が国における総人口の長期的推移 - 総務省
https://www.soumu.go.jp/main_content/000273900.pdf
- 2) 1. 高齢者の人口 - 総務省統計局
<https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1131.html>
- 3) 都市の低炭素化の促進に関する法律の概要

- 4) コンパクトシティの形成に向けて - 国土交通省
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/sakutei_manual/kaitei_comm-kuiki/com04/ref01.pdf
- 5) 令和元年中の救急出動件数等（速報値） - 総務省消防庁
<https://www.nlit.go.jp/common/001083358.pdf>
- 6) 公表・公告 | 乙訓消防組合
<https://www.otokuni119-kyoto.jp/kouhyou/>
- 7) 尾崎尚也, 大澤義明: 移動距離の平等性及び効率性からみた公共施設配置の評価, 日本建築学会計画系論文集, 2003
https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/68/563/68_KJ00004226672/article-char/ja/

(? 受付)