

平成 24 年度 卒業論文

キャンパスの設備配置に対する数理的評価

文教大学 情報学部 経営情報学科

A9P21127 平山友梨香

# キャンパスの設備配置に対する数理的評価

平山友梨香

## 研究概要

キャンパスには列挙できないほど多くの設備が設置されている。設備はそれぞれ性質が異なるため、最適とされる配置場所も異なるだろう。そこで本研究ではAEDと喫煙所の2つの設備をとりあげ、その配置を考えたい。配置を考え、現状を評価するにあたり数理モデル化し数理計画問題を解いた。地図上に均等に人間が存在し、直線移動すると仮定した場合の解は得られた。AEDと喫煙所のどちらも現在の配置よりも総移動距離を短縮する配置、最遠距離を短縮することができる配置などがあることが明らかになった。しかし、空間での移動の考慮や、詳細な評価尺度の策定など多くの課題も見えてきた。

## 目次

第 1 章 はじめに.....	1
第 2 章 キャンパスにおける設備配置.....	1
2.1 キャンパスにおける設備	
2.2 文教大学湘南キャンパスにおける設備配置の現状	
第 3 章 設備配置に対する評価方法 .....	2
第 4 章 文教大学湘南キャンパスへの適用 .....	4
4.1 設定	
4.2 結果	
4.3 考察	
第 5 章 おわりに .....	7
謝辞	
参考文献	
付録	
付録 1 湘南キャンパス設備設置候補点 $x_i$	
付録 2 2 点間の距離行列 $l_{ij}$	
付録 3 定式化 AED 配置 ケース 1 総移動距離最小化(01.lp)	
付録 4 CPLEX 結果 AED ケース 1 総移動距離最小化(01.lp)	
付録 5 CPLEX 結果 AED ケース 2 最遠距離最小化(02.lp)	
付録 6 CPLEX 結果 喫煙所 ケース 3 総移動距離最大化(03.lp)	
付録 7 CPLEX 結果 喫煙所 ケース 4 リング道路上へ配置(04.lp)	

# キャンパスの設備配置に対する数理的評価

文教大学 情報学部 経営情報学科

A9P21127 平山友梨香

## 第1章 はじめに

キャンパスには環境を整え、利便性を向上させるために数多くの設備が設置されている。しかし、それぞれの設備がどこに配置されているか全てを詳細に把握できている者は居ないだろう。

キャンパスを利用していると、教室間を歩いている間に何度も目にする設備がある。設備の設置はよりよいものがあるのではないかと思うことが多々あったため、キャンパスに注目しその配置を考える。何気なく利用し、配置などあまり考えることが無いキャンパスの設備だが、それぞれの性質を考慮した現在より使いやすくより快適になるような配置があるのではないだろうか。設備によりその性質は異なり、すぐに手の届く場所への配置が望ましいもの、できる限り遠くへ配置したほうが望ましいもの、設置場所が限られてしまうものなど一様に設備配置を考えることはできない。

本研究では、AEDと喫煙所の設備配置問題をそれぞれの性質を考慮したモデル化を行った。これについては本論で述べる。それを最適化問題としてIBM社製数理計画ソフトCPLEX Optimization Studio(以下、CPLEX)を用い解くことにより数理的に評価する。数理的な評価を行うことで、直感的な考え方とは違い明確に問題を数字で表現することができる。現状の配置を見てみると、AEDから他よりも遠くなってしまう場所、隣り合っている距離の近い喫煙所があることからどちらも改善できる配置があるのではないだろうか。

本論文の構成は、第2章でキャンパス内にどのような設備があるか、また本研究で扱う設備を説明する。第3章では設備配置の評価方法となる数理モデルの提案をする。第4章において、実際に文教大学湘南キャンパスへ数理モデルを適用する。第5章では本研究のまとめと今後の課題を述べる。

## 第2章 キャンパスにおける設備配置

ここではキャンパスにおける設備の性質と、本研究で配置問題を評価する文教大学湘南キャンパスでの現在の設備配置場所を紹介する。

### 2.1 キャンパスにおける設備

キャンパス内にはさまざまな設備が設置されている。コピー機、トイレ、自動販売機など全てを列挙

するのは難しい。数多くある設備の中でも「AED」と「喫煙所」は性質の異なる施設であると考えられる。AED は心配停止状態となれば社会復帰率が著しく低下するため一分でも早く使用しなければならないため<sup>1</sup>近くにある方がよい。喫煙所に関しては不快に感じる事、体調が悪くなることがあるという人も存在し、分煙対策が必要だと感じている人が大半である<sup>2</sup>。このため非喫煙者にとっては、近くに設置されないほうが望ましい。そのため本研究では上記 2 つの施設を用い実際のキャンパスでの配置を評価する。

## 2.2 文教大学湘南キャンパスにおける設備配置の現状

現状の文教大学湘南キャンパスにおける AED と喫煙所は、図 1 に示したように配置されている。AED は事務棟 1 階、4 号館 1 階、体育館 1 階、2 号館 4 階の計 4 箇所。喫煙所は 6 号館横、1 号館横、2 号館横の計 3 箇所へ設置されている。実際の配置では設置されている階が異なるが、本研究においては、平面移動のみを考慮し、空間を上下する移動は考慮しないものとする。



図 1 文教大学湘南キャンパスにおける AED と喫煙所の配置図

現状の AED 配置では、体育館 1 階と 2 号館 4 階の設置場所が感覚的に見て近く、4 号館 1 階と事務棟 1 階が離れている。このためこの 2 点で他よりも距離が遠くなってしまふ所があるのではないだろうか。また、2 号館 4 階にも設置されているが利用者が特に多いという場所ではないためより良い設置場所があるだろう。喫煙所の配置についても 1 号館横、2 号館横の設置場所は距離が近く、離れたほうがよいのではないだろうか。

## 第3章 設備配置に対する評価方法

<sup>1</sup> 横浜市消防局 AED とは <http://www.city.yokohama.lg.jp/shobo/seikatsu/emergency/oukyu/aed.html>

<sup>2</sup> 厚生労働省 平成 19 年労働者健康状況調査の概要

<http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/saigai/anzen/kenkou07/r4.html>

この章では、それぞれの設備の性質を考慮した配置に対する数理モデルを各2つ提案し、配置問題を解く数理モデルと評価方法について述べる。

AED配置の数理モデルについて1つ目は、AEDまでの総移動距離を最小化する。これは、全ての人間が平均的に近くなるようにすることである。2つ目は、AEDまでの最遠距離を最小化する。これは、AEDまで一番遠くなる人間の距離を最小化することである。

喫煙所配置のモデルについて1つ目は、喫煙所までの総移動距離を最大化する。これは、全ての人間が平均的に喫煙所への距離が遠くなることである。2つ目は喫煙所をリング道路上へ設置するとして距離を最小化する。これは、湘南キャンパスの性質と喫煙者を考慮した配置方法である。湘南キャンパスは人が集まる教室棟、事務棟の全てがリング道路内へ密集している。また、喫煙者にとって喫煙所は近いほうが良い。リング道路上への配置であれば喫煙しない人にとっては十分に距離が離れていると仮定した。リング道路上、内の定義については図2に示す。このようにそれぞれの性質を考慮して4つの配置問題を設定した。これらはオペレーションズ・リサーチの考え方を参考とする[1]。

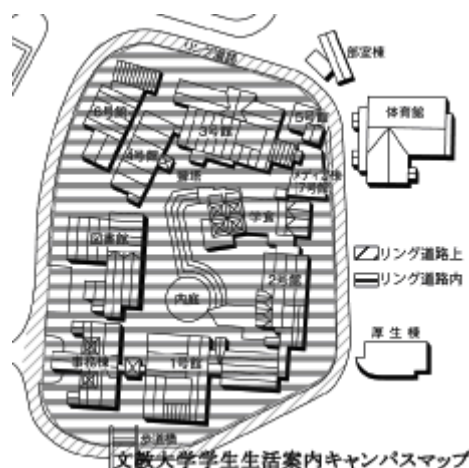


図 2 リング道路上,内の定義

以下にそれぞれのモデルを記述する[2]。

変数:

$I$ : 設置候補点の集合

$J$ : 人間が存在している点の集合

$y_{ij} = \{0: j \text{ が } i \text{ を利用しない}, 1: j \text{ が } i \text{ を利用する}\}$

$x_i = \text{設置候補点 } \{0: i \text{ に設置しない}, 1: i \text{ に設置する}\}$

入力パラメータ:

$l_{ij} = j \text{ が } i \text{ を利用時の設備設置点までの距離}$

$t = \text{設備設置数}$

•AED の配置問題

ケース 1: 移動総距離を最小化

$$\begin{aligned} & \text{Minimize} && \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} l_{ij} y_{ij} \\ & \text{subject to} && y_{ij} \leq x_i \quad (i \in I, j \in J) \\ & && \sum_{i \in I} x_i = t \\ & && \sum_{i \in I} y_{ij} = 1 \quad (j \in J) \\ & && x_i \in \{0,1\}, y_{ij} \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J) \end{aligned}$$

ケース 2: 最遠距離を最小化

$$\begin{aligned} & \text{Minimize} && u \\ & \text{subject to} && y_{ij} \leq x_i \quad (i \in I, j \in J) \\ & && \sum_{i \in I} x_i = t \\ & && \sum_{i \in I} y_{ij} = 1 \quad (j \in J) \\ & && l_{ij} y_{ij} \leq u \quad (i \in I, j \in J) \\ & && x_i \in \{0,1\}, y_{ij} \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J) \end{aligned}$$

•喫煙所配置問題

ケース 3: 移動総距離を最大化

$$\begin{aligned} & \text{Maximize} && \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} l_{ij} y_{ij} \\ & \text{subject to} && y_{ij} \leq x_i \quad (i \in I, j \in J) \\ & && \sum_{i \in I} x_i = t \\ & && \sum_{i \in I} y_{ij} = 1 \quad (j \in J) \\ & && x_i \in \{0,1\}, y_{ij} \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J) \end{aligned}$$

ケース 4: リング道路上へ設置

$$\begin{aligned} & \text{Minimize} && \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} l_{ij} y_{ij} \\ & \text{subject to} && y_{ij} \leq x_i \quad (i \in I, j \in J) \\ & && \sum_{i \in I} x_i = t \\ & && \sum_{i \in I} y_{ij} = 1 \quad (j \in J) \\ & && x_i = 0 \quad (i \text{ はリング道路内}) \\ & && x_i \in \{0,1\}, y_{ij} \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J) \end{aligned}$$

これらを定式化し、CPLEX を用いて解を導出する。得られた解と現実の配置との違いを比較評価する。

#### 第4章 文教大学湘南キャンパスへの適用

この章では、3章で示した AED と喫煙所の各 2 つのモデルを文教大学湘南キャンパスへ適用し、実際の配置と CPLEX によって得られた解とを比較する。

##### 4.1 設定

本研究では問題を簡略化するために図 3 に示したように施設の平面図を均等にメッシュ化し、各交点に人が一様に存在していると仮定する。また、その点を設備設置の候補地点ともし、人は設備との 2 点間を直線移動すると考える。つまり、図 3 の点が設備設置の候補点であり、人が存在している点となる。2 点間の距離については付録 2 を参照してほしい。

3 章で述べたようにほぼ全ての人がリング道路内に存在しているものと仮定するため、設備を配置するための点は全てこのリング道路上、内に均等に設定した。リング道路上、内

の点は計 93 点となった。

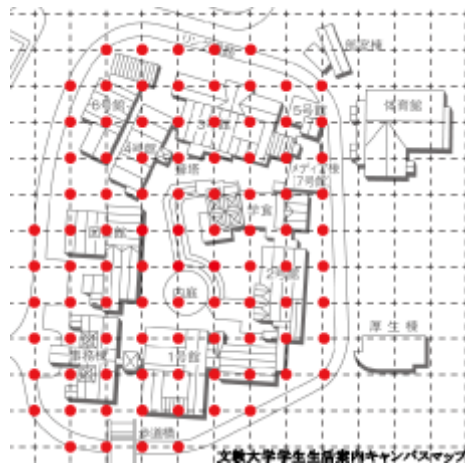


図 3 設置候補点と人の存在地点

#### 4.2 結果

ここでは、3 章で示した数理モデルと前節で述べた設定で配置問題を CPLEX で解いた結果を示す。そして得られた結果と実際の配置とを比較する。

定式化については付録 3 を参照してほしい。表 1 には定式化したものの変数の数、制約式の数、CPLEX において定式化したものを読み込んでから解導出までにかかった時間を示す。

	変数の数(個)	制約式の数(個)	経過時間(秒)
ケース1:総移動距離最小化	8,742	8,743	0.28
ケース2:最遠距離最小化	8,743	17298	567.38
ケース3:総移動距離最大化	8,742	8,743	0.55
ケース4:リング道路上へ設置	8,742	8,808	0.47

表 1 定式化の変数,制約式数,CPLEX 結果導出までの経過時間

変数の数、制約式の数がいずれも約 9,000 個、ケース 2 に関しては制約式が約 17,000 個とこのような小さな問題でも解を導出するための変数、式共に膨大な数となったが、CPLEX を用いれば数秒から数分で解を得ることが可能だ。



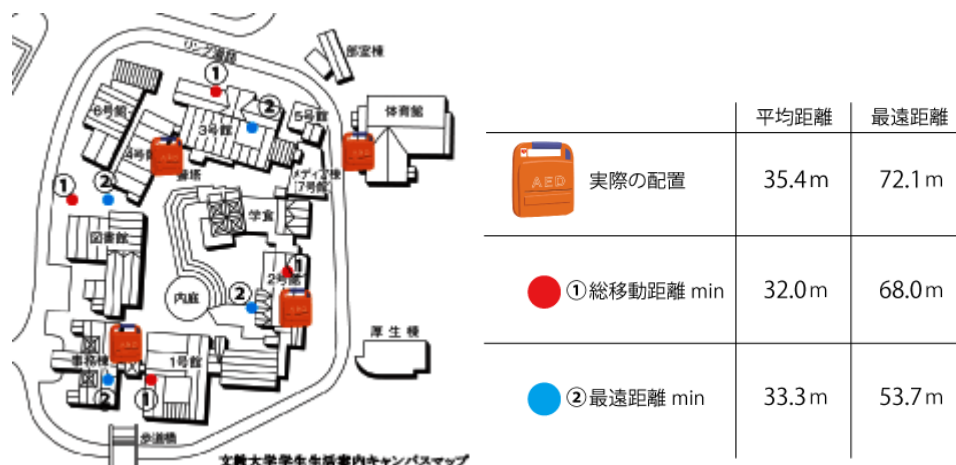


図 4 AED 配置

図 4 に 3 章で提示した AED の配置問題の解を示す。CPLEX で出力した解の詳細は付録 4、付録 5 を参照してほしい。実際の配置では AED まで平均距離約 35.4m であるのに対し総移動距離最小化と最遠距離最小化のどちらの場合でも距離を短縮することができた。また、最遠距離は実際の配置では約 72.1m であるが、どちらの場合でも短縮することができ、最遠距離最小化においては 20m 近く短縮することが可能となった。

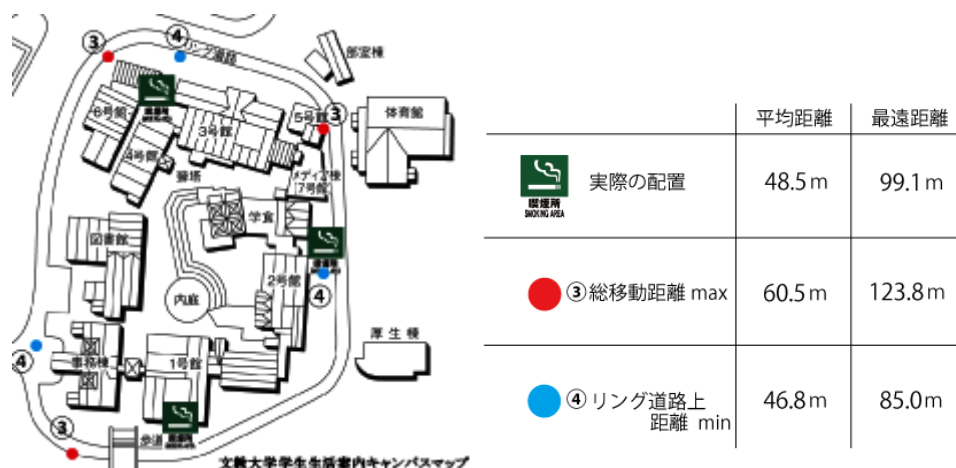


図 5 喫煙所配置

図 5 として 3 章で提示した喫煙所の配置問題の解を示す。CPLEX で出力した解の詳細については付録 6、付録 7 を参照してほしい。実際の喫煙所配置では平均距離が約 48.5m であるが、総移動距離最大化の場合約 60.5m まで平均距離を離すことができた。リング道路上の配置であれば約 2m 平均距離を短縮することができる。

#### 4.3 考察

前節で示した結果は全て設備まで平面移動、直線移動と仮定しての結果ではあるが、それぞれの目的においていずれも実際より改善された解を得ることができた。

本研究では設備まで直線移動と仮定し、空間の移動は考慮していないが、実際の湘南キャンパスの設置箇所もほぼ全て地上階に設置されているためここで得られた結果にあるように実際でも改善の余地があるだろう。特に注目したいのは AED の実際の配置と最遠距離最小化の設定での最遠距離の違いだ。直線距離で約 20m の違いは設備と使用地点まで一分でも速く往復し使用することが必要な AED では大きな値であると言える。喫煙所の配置問題も、それぞれの設定において実際より改善された解を得ることができた。

設置場所を考えるにおいて、適正な設備の設置個数も考えることがあるだろう。図 6 に示したのは、設置個数を設置候補点の数である 1 から 93 まで変えた場合の設備までの距離の変化だ。このように一度定式化したものは、設置個数を変えて結果を比べることも容易である。そのため設備設置個数の上下限を考える上でも役立つことができるだろう。

AED を取りに行く時の時速を 6km、使用まで 2 分かかるとする。心室細動発生から除細動を行うまでの時間が 5 分で生存退院率が 50%<sup>1</sup>であり、50% 生存確率があれば良いと仮定する。AED まで往復 3 分であれば 50% の確率で生存可能となる。6km 毎時は 100m 毎分であるため、この場合往復 300m 以内であれば 50% 生存が可能となる。空間移動を考慮せず、この設定下であれば現在の AED 設置数と設置場所は妥当であると考えられる。しかし、図 5 で示したように設備までの距離を縮める現在の設置を改善できるような配置方法が存在する。

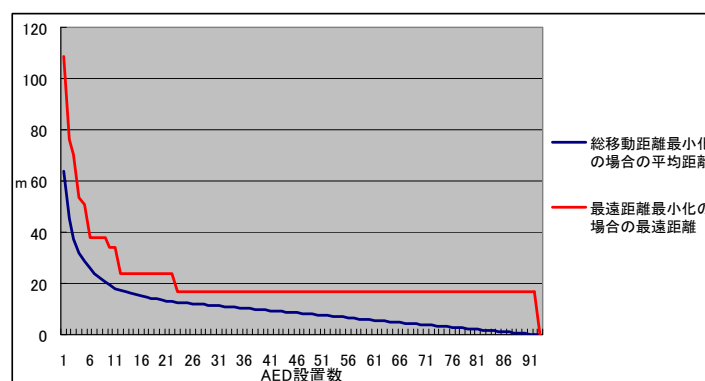


図 6 AED 設置数と AED までの距離の遷移

## 第5章 おわりに

本研究では、文教大学湘南キャンパスを例に AED と喫煙所の設備配置について数理モデル化し評価した。平面直線移動の設定下では実際の配置を改善できるような解を得ることができた。

しかし、このような設定は設備設置が不可能な箇所や、道が無く障害物があるなど人間が直線移

動することが不可能な場所もある。加えて、人間が一様に分布しているという設定は現実的ではない。このようなことから今後の課題としては、設備の設置可能箇所や性質をさらに考慮したモデルの設定、空間の移動、人間の分布や動線を考慮したモデル化の構築が必要である。また、それぞれの設備の設置箇所の認知率や認知率を高めるための設置方法などについても考えてみたい。

#### 謝辞

この研究を進めるにあたり、ご指導下さった根本俊男教授には大変お世話になりました。また、有意義なご意見、アドバイスを頂いた根本研究室 14 期生、15 期生、16 期生、OB のみなさまに深く感謝いたします。

#### 参考文献

- [1]松井泰子,根本俊男,宇野毅明,入門オペレーションズ・リサーチ,東海大学出版会(2008).
- [2]竹内光生,岩貞雅之:p-メディア配置と人口密度の重みの研究に関する研究,土木学会四国支部第8回技術研究発表会公演概要集(2002)329-330.