

|                  |   |
|------------------|---|
| Title            | 視覚情報に基づく快適・安全・有用な都市空間の設計に関する数理的 research  |
| Sub Title        | Mathematical analysis for designing comfortable, safe and effective urban space based on the visual information   |
| Author           | 栗田, 治(Kurita, Osamu)<br>今井, 公太郎(Imai, Kotaro)<br>鵜飼, 孝盛(Ukai, Takamori)<br>本間, 裕大(Honma, Yudai)<br>本間, 健太郎(Honma, Kentaro)  |
| Publisher        |   |
| Publication year | 2018  |
| Jtitle           | 科学研究費補助金研究成果報告書 (2017. )  |
| JaLC DOI         |   |
| Abstract         | <p>本研究課題においては、都市・建築空間における物体の見え方に関わる定量的な分析を通じて、空間設計の指針を提供するための研究を推進した。具体的には、オペレーションズ・リサーチ、都市解析ならびに計算幾何学に基づいて、次のようなモデル構築に成功した：</p> <p>(1)打ち上げ花火ならびに並木の見えの大きさを記述するための立体角モデル；</p> <p>(2)絵画展示ルームにおける鑑賞者の立ち位置選択を記述する非集計ロジットモデル；(3)建築基準法の斜線規制を適用する場合と天空率緩和を適用する場合とでの容積率達成度の違いを比較する解析モデル。これらの成果は今後、様々な場での設計提案に役立ててゆくことが可能である。</p> <p>The purpose of this research is to construct some mathematical models which analyze the urban and/or architectural space design quantitatively based on the various visual information. First we focused on constructing the quantitative visibility models by use of the methods of operations research, urban analysis and computational geometry. Next, we moved toward making specific models to analyze urban and architectural problems: visibility of fireworks and roadside trees；standpoint choice model for the picture viewer in an exhibition room；the model to analyze the floor-area ratio depending on both the setback and the sky factor restrictions in the Building Standard Act in Japan. Using the outcomes of our study, we can propose the way of designing and evaluating urban and architectural spaces in many fields.</p> |
| Notes            | 研究種目：基盤研究(B)(一般)<br>研究期間：2015～2017<br>課題番号：15H02974<br>研究分野：都市解析, オペレーションズ・リサーチ   |
| Genre            | Research Paper  |
| URL              | <a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_15H02974seika">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_15H02974seika</a>   |

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

平成 30 年 5 月 30 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02974

研究課題名(和文) 視覚情報に基づく快適・安全・有用な都市空間の設計に関する数理的研究

研究課題名(英文) Mathematical analysis for designing comfortable, safe and effective urban space based on the visual information

研究代表者

栗田 治 (Kurita, Osamu)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授

研究者番号：40211891

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題においては、都市・建築空間における物体の見え方に関わる定量的な分析を通じて、空間設計の指針を提供するための研究を推進した。具体的には、オペレーションズ・リサーチ、都市解析ならびに計算幾何学に基づいて、次のようなモデル構築に成功した：(1)打ち上げ花火ならびに並木の見えの大きさを記述するための立体角モデル；(2)絵画展示ルームにおける鑑賞者の立ち位置選択を記述する非集計ロジットモデル；(3)建築基準法の斜線規制を適用する場合と天空率緩和を適用する場合とでの容積率達成度の違いを比較する解析モデル。これらの成果は今後、様々な場での設計提案に役立ててゆくことが可能である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to construct some mathematical models which analyze the urban and/or architectural space design quantitatively based on the various visual information. First we focused on constructing the quantitative visibility models by use of the methods of operations research, urban analysis and computational geometry. Next, we moved toward making specific models to analyze urban and architectural problems: visibility of fireworks and roadside trees; standpoint choice model for the picture viewer in an exhibition room; the model to analyze the floor-area ratio depending on both the setback and the sky factor restrictions in the Building Standard Act in Japan. Using the outcomes of our study, we can propose the way of designing and evaluating urban and architectural spaces in many fields.

研究分野：都市解析，オペレーションズ・リサーチ

キーワード：都市計画・建築計画 地理情報システム(GIS) 人間生活環境 オペレーションズ・リサーチ 視覚情報

### 1. 研究開始当初の背景

都市や建築空間内に存在する我々人間は、様々な情報を周辺環境より取り入れている。中でも視覚からの情報はとりわけ大きな部分を占めており、まちづくりなどにおいては街並みといった言葉で表現される。また、建築物においてはファサードが最も目につく部分として重要視される。

多くの人々が住み暮らす都市では、その空間を上方へと広げることによって容量を拡大し、限られた地面を有効に活用しようとしてきた。その結果、多くの建築物が生み出され、三次元的に拡大する一方で、それら自身が障害となることで視覚的な広がりや却って小さくなっている。視覚的な広がりが制限され、可視性が損なわれることは、そこに住む人間に対して心理的な悪い影響を与えるかもしれない。

人間が視覚から取り入れる情報に基づく分析を行う際、例えば都市計画分野においては景観という言葉が用いられる。しかし、この言葉は主観的要素を多く含んでおり、定量化には困難が伴う。上記のように視覚情報というものが重要であるにも関わらず、これを定量的に扱い、都市計画や建築空間の設計に活用した例は必ずしも多いとは言えず、これを組み込んだ都市や建築物といった空間分析の基礎が必要であると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究は、都市空間内に存在する様々なオブジェクトの可視/不可視の量的な記述を通じ、地点ごとに異なる限定的な視覚情報に基づいて、快適・安全・有用な都市空間を設計するための基礎を提供することを目的とする。

様々なオブジェクトが存在する空間では、それらが互いに障害となり、「見よう」とするものや「見たい」ものを見ることができないという状況が往々にして出現する。このような視覚的障害は人々の快適性を阻害したり、安全性を損ねたり、有用性を減じることへつながる。

ここでは、視覚情報を定量的に捉え、都市解析、施設配置あるいは建築設計で培われた手法を援用し(1)都市空間の景観評価(2)建築物内部における視覚情報に基づく基礎的評価(3)建築設計に寄与する数理的分析のように、都市・建築物というスケールの異なる空間を対象としたモデル分析を提案する。そうしたモデルを通じて、人間が視覚から取り入れる情報に基づき、都市・建築空間の快適性・有用性・安全性等を分析・評価し、より良い空間設計を行うための指針を提供することを目指す。

### 3. 研究の方法

#### (1) 都市空間の景観評価

都市空間は多くの場合、人工的な、コンクリートと金属で構築された建築物によって構成され、ともすればそこに存在する人に対して無味乾燥との印象を与えかねない。そのような都市空間における視覚情報評価の一例として、建物群が建ち並ぶなかでの花火の見え方に主眼を置き、建築物による遮蔽と観測位置などを厳密に考慮した上で、視界にとらえられる花火の量を定量的に評価する。より具体的には、視対象となる打ち上げ花火が視界でどの程度の大きさを占めるかを、視対象の見かけの大きさを数値化した物理量である「立体角」を用いて評価すると同時に、花火の全形のうちの程度の割合が視界にとらえられるかを、立体角の定義から直ちに算出される「可視率」を用いて評価し、これら2つの要素を評価指標とする。

また、街路樹などの樹木は、人々に安らぎを与え、快適な空間を作り出す。この快適性には、樹木が木陰を提供するなどといった物理的な側面だけでなく、植物が視界に入ることによる心理的な側面が存在する。このような心理的効果を把握するためには、樹木が視界に入り込む量の把握と、それにより人間がどういった印象を受けるかといった分析が必要であることはいうまでもない。今回は、前者すなわち視界に入り込む量に焦点を当てる。具体的には、前出の立体角を樹木等の視対象に応じて解析的に算出する枠組みを構築する。これによって、都市計画の現場においても重視されている、視界全体に占める植物の割合である「緑視率」を、効率的に算出することが可能となる。

#### (2) 建築物内部における視覚情報に基づく基礎的評価

美術館・博物館の建築目的は、そこに展示されたものを来館者に上手く鑑賞してもらうことである。こうした建築物の内部において、展示物を良好な状態で保存するための、室温、湿度、光の強さ、光の色といった環境に関する研究には、これまでに多くの蓄積がある。その一方で、鑑賞者の心理的・物理的特性に応じて、鑑賞対象をどのように展示すべきかを説明するためのモデルは潤沢に提供されてはいない。

この点に鑑み、絵画のような平面的な鑑賞対象を想定し、鑑賞者がどのような位置から鑑賞することを好むかについて知見を得る。その際、鑑賞者から視対象までの距離だけでなく、観る角度も効用に影響を与えるものとして、離散選択モデルを適用する(観る角度は鑑賞対象の歪みに影響を与える)。

### (3) 建築設計に寄与する数理的分析

建築物を設計・建設する際には、建蔽率や容積率、斜線制限、日影規制といった様々な規制や制限を満足しなければならない。これらの規制には、耐震性などのように建築物そのものに関わるものと同時に、斜線制限、日影規制のように建築物が周辺環境に及ぼす（負の）影響を一定範囲内に収めることを要請するものが存在する。これらの建築法規は旧来から施行された古典的な法規制である一方、近年では天空率による規制緩和も行われている。

一般的にこれらの規制あるいはその緩和は、上述のように公衆衛生的な考え方に基いて導入されたものであるが、その副作用として建築物の形態を制限している。これらの制約を満たせば、周辺環境に及ぼす悪影響は一定範囲内に収まるが、果たして建築物の形態がどの程度制限されるのかは判然としない。中でも最も影響を与えられている斜線制限とその天空率緩和について、両者の関係を数理的に記述することによって、その効果を明らかにする。

## 4. 研究成果

### (1) 都市空間の景観評価

実際に定例開催されている東京都心部の有名な花火大会として、神宮外苑花火大会を取り上げた。そこで打ち上がる花火をコンピュータ上でシミュレートした上で、提案した視認性評価モデルにより、打ち上げ花火の立体角および可視率の各評価値を、対象領域で一様に設けた観測地点ごとに計算した。そして、地図上に各評価値の大小によって色を塗り分けたマップを作成し、観客にとって花火をより楽しめるポイントを視覚的に表現した。結果を図1に示す。

また、街路空間における並木を、球体や直方体といった幾何学的に単純なオブジェクトによって近似した。こうした前提に基づいて、対象同士の位置関係によって生じる視覚的な重なりを組み込んだ形で、これらを任意の位置から眺めた時に観察者の視界（網膜）に映り込む立体角の大きさ、ひいては緑視率を解析的に導出した。

さらに、円周魚眼レンズにより撮影した画像から求められる緑視率、ならびに撮影対象となった並木の高さや間隔などの実測値に対して、導出した数式に含まれるパラメータの推定を行い、求められた数式の精度を検証した。これに基づいて、並木の間隔や樹木の高さといった視対象の特徴が緑視率にどのような影響を与えるかを解明した。

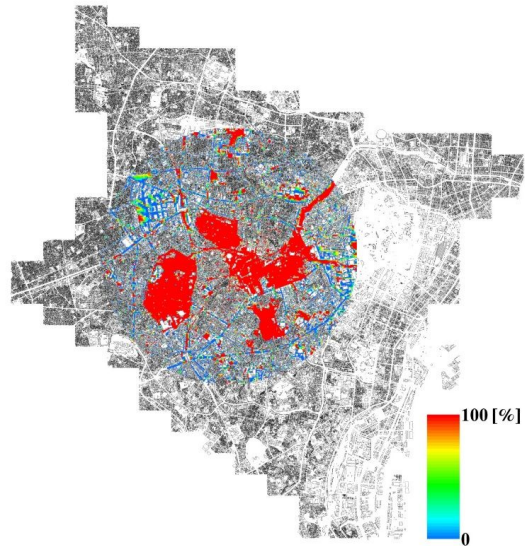


図1 道路上・公園等を観測地点としたときの可視率マップ

### (2) 建築物内部における視覚情報に基づく基礎的評価

鑑賞対象としては壁面に架けられた絵画を想定した。絵画中心から鑑賞位置までの距離と、鑑賞者が絵画を見る角度に依存する歪みに基づいた効用関数を想定し、この効用関数を用いて非集計ロジットモデルを構築した。

そして、美術館における一室に絵画が展示されている環境を模擬した状況を構築し、大学教員および学生を被験者として、鑑賞位置選択行動の実験を行なった。被験者による絵画鑑賞位置の選択実績に基づいて、効用関数のパラメータ推定を行い、図2に例示するような結果を得た。

今回の基礎研究は、将来、展示のレイアウトを論理的に設計するために役立つものと思われる。さらには展示室やフロアプランの計画、鑑賞者の動線の検討にも資することになるものと考えられる。

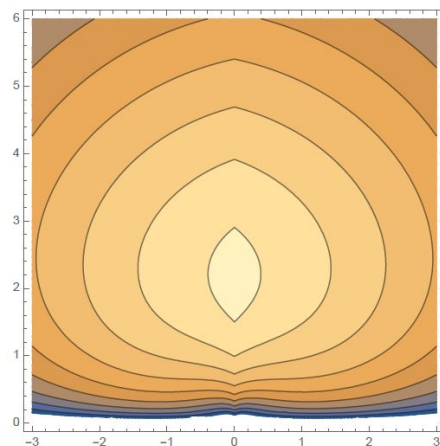


図2 絵画鑑賞時の効用関数の等値線



### (3) 建築設計に寄与する数理的分析

斜線規制とは、建築しようとしている敷地の隣接敷地における日照時間を確保することなどを目的としている。今回は、この斜線規制と、天空率の間に存在する数理的な関係を解明するためのモデルを構築した。建築物の高さや容積率が斜線制限規制、ならびに天空率による規制の緩和から如何なる影響を受けるかが、本モデルによって把握できる。

建築しようとしている敷地の縦横比(間口と奥行き)の比)や前面道路の幅員は、前述の容積率・建物高さといった指標に影響を与える。構築したモデルを用いて、こうした要因を種々に変化させた分析を行った。それと同時に、敷地境界から建物前面までに距離をもたせることで公開空地を確保するセットバック規制がこれらに対してどう影響するかについても分析を行なった(図3)。

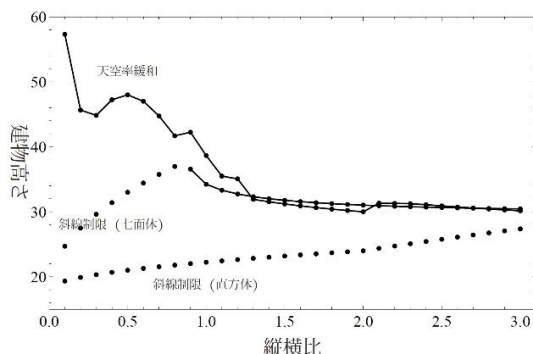


図3 敷地の縦横比と建物高さの関係

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計22件)

1. 渡部宇子, 本間裕大, 本間健太郎, 今井公太郎, 道路斜線制限と天空立緩和がもたらす容積率と建築物高さへの影響, 都市計画論文集, 査読有, 2017, 52(3), pp.682-688.  
DOI: 10.11361/journalcpj.52.682
2. 平澤雄基, 鵜飼孝盛, 栗田治, 歩行者の位置と視線を反映した並木の緑視率, 都市計画論文集, 査読有, 2017, 52(3), pp.1276-1283.  
DOI: 10.11361/journalcpj.52.1276
3. 平林新, 栗田治, 鵜飼孝盛, 対象までの距離と歪み指標に基づく絵画鑑賞位置選択モデル, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2017 年春季研究発表会アブストラクト集, 2017, 査読無, pp.41-42.
4. 沖村遥平, 本間裕大, 鵜飼孝盛, 栗田治, 建物群の数値情報を考慮した打ち上げ花火の視認性評価, 東京大学生産技術研究所・生産研究, 査読無, 2016, 68(4), pp.289

-292.

DOI:10.11188/seisankenkyu.68.289

5. Yudai Honma, Takamori Ukai, Osamu Kurita and Yohei Okimura, Optimal View Points for Fireworks Displays with Respect to Solid Angles, Proceedings of EURO Working Group on Location Analysis XXII, 査読有, 2015, pp.65-66. ほか17件

[学会発表](計10件)

1. Hiroko Watanabe, Yudai Honma, Kentaro Honma and Kotaro Imai, Mathematical Analysis on the Height Restriction Law in Japan, 16<sup>th</sup> International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, 2017.
2. Takamori Ukai, Osamu Kurita and Yuki Hirasawa, Ratio of Visible Green Associated with Pedestrian Location and Visual Line, INFORMS Annual Meeting 2017.
3. Hiroko Watanabe and Yudai Honma, Optimal Layout of City Blocks with respect to Sky View Factor, Inform International Meeting 2016.
4. 平澤雄基, 鵜飼孝盛, 栗田治, 歩行者の位置と視線を反映した並木の緑視率-壁面モデルと球体モデルに基づく立体角の計算法-, 「都市のOR」ワークショップ 2016.
5. 平林新, 栗田治, 鵜飼孝盛, 対象までの距離と歪み指標に基づく絵画鑑賞位置選択モデル, 「都市のOR」ワークショップ 2016.

ほか5件

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

栗田 治 (KURITA, Osamu)  
慶應義塾大学・理工学部・教授  
研究者番号: 40211891

#### (2) 研究分担者

今井 公太郎 (IMAI, Kotaro)  
東京大学・生産技術研究所・教授  
研究者番号: 20262123

鵜飼 孝盛 (UKAI, Takamori)  
防衛大学校・電気情報学群・講師  
研究者番号: 20453540

本間 裕大 (HONMA, Yudai)  
東京大学・生産技術研究所・准教授  
研究者番号: 40514055

本間 健太郎 (HONMA, Kentaro)  
東京大学・生産技術研究所・助教  
研究者番号: 90633371