

— 論文 —

凸多角形による広場の形態分析

芦川 智 金子 友美
鶴田 佳子 高木亜紀子

Morphological analysis of a city square using a convex polygon

Satoru ASHIKAWA, Tomomi KANEKO
Yoshiko TSURUTA, Akiko TAKAGI

City squares have a diverse variety of forms. This research first attempts to analyze such form using a convex polygon, in order to understand the forms from which the studied city square is comprised. The paper attempts to ascertain how the planar form of a city square can be judged using a convex polygon, and to determine whether or not a convex polygon is effective for morphological analysis. I use geometrical techniques based on the concept that a city square is a space where crowd flow stagnates. First I extract the planar form of a city square and then conduct analysis using the morphological features of a convex polygon. I feel that I have found a proposal for an analysis technique for a variety of city square situations.

keywords : plane form of a city square, technique of morphology, city open space

(1) はじめに

都市の広場の形態は多様である。都市広場の形成の歴史や、その国の文化、伝統などの背景があってはじめて広場の形態がうまれるものである。都市生活の中で広場がどのように生きているかは、その都市の市民生活の状況を把握しなければならないことである。

研究方法として形態学的手法に則った報告とされている。形態学的手法とは都市あるいは集落を対象としてそのあり方について建築あるいは都市の形態的要素に着目して分析を加えるものであり、研究の前提としてそれらの形態的要素つまり平面図形や建築形体などには、対象空間に内蔵される市民の生活形態や、文化伝統等に

関わる要素が背景として表現されているとされているものである。もちろんそれだけで全体像を把握できるものではなく、文化人類学的研究の方向も一方であり、その両面からのアプローチによって研究の充実が図られると考えている。

本報告は、以上の形態学的手法によって広場を分析し、その手法の有効性を検討するものである。

広場には長方形や正方形の幾何学的な平面形のものから不整形のもの、あるいはいくつかの広場が複合しているものなど多彩な状況を呈している。本研究はまず対象とした広場がどのような形で、部分と全体の関係が形成されているか、いくつかの広場の複合で出来ているのかなど

を把握するために凸多角形による形態分析を試みるものである。

凸多角形とはその内部の任意点に対して他のすべての内部点と結ぶ線が多角形の内部に含まれているものである。このことが広場の平面形に対する意味は広場内のいかなる地点に立っても広場全体を見渡せるという関係にあることである。それ故、平面形が凸多角形である限り単一の広場との認識が実際の空間体験と一致するものである。逆に平面形がいくつかの凸多角形の複合で出来ている場合には、広場自体も凸多角形の形状の複合と見る事が出来るのではないかとその可能性を予測できる。本報告は、凸多角形によって広場の平面形をどのように判断できるかの可能性を確かめ、広場の平面形の形態分析に凸多角形が有効であるか否かを判断するための試論である。そして、その試論を確かめる目的でチェコの現実に存在する広場を6つ選定し、ケーススタディーを行い、凸多角形による形態分析の可能性を論じている。

(2) 凸多角形の定義

一般に凸閉曲線を次のように定義する。「単純閉曲線Cの内部及びC上の点からなる集合を \overline{D} で表すとき、 \overline{D} 上の任意の2点を結ぶ線分がすべて \overline{D} の点だけからなるときCを凸閉曲線または卵形線 (oval) という」。(数学事典) 単純閉曲線とは単一閉曲線とも呼び「両端の一致する単純弧 (Jordan弧) で両端以外には重複点がないものをJordan曲線または単一閉曲線 (simple closed curve)」と定義する。

広場の外周の形態は一般的に複数の線分からなっている場合が多いので、多角形で規定した方が現実的なので凸閉曲線の定義を準用して凸多角形を以下のように定義する。すなわち、凸多角形：多角形 \overline{P} の内部及び \overline{P} 上の点からなる集合を \overline{D} で表すとき、 \overline{D} の内部及び境界線上の

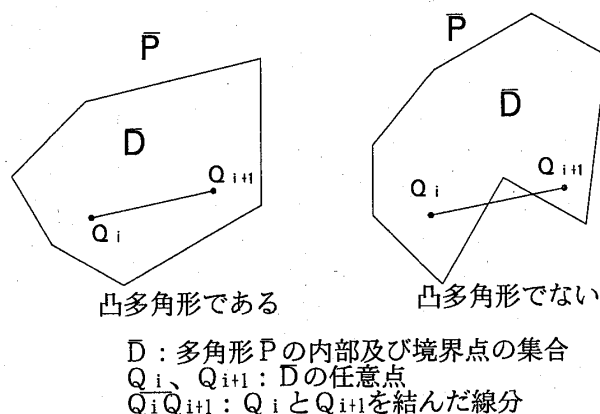


図1

任意の2点を結ぶ線分がすべて \overline{D} の点だけからなるとき \overline{P} を凸多角形という。これを点集合の記述法で示すと以下ようになる。

$$\overline{P} = \{Q_i \mid Q_i \in \overline{D}, \forall Q_{i+1} (Q_{i+1} \in \overline{D}), \overline{Q_i Q_{i+1}} \subset \overline{D}\} \quad \dots (1)$$

ただし $\overline{Q_i Q_{i+1}}$: 線分 $\overline{Q_i Q_{i+1}}$ 上のすべての点

(3) 形態分析の基礎条件

本報告の前提として広場を多角形で表現する(置き換える)ことを示されなければならない。というのも広場自体は閉じた形態を成していないからである。一般に道路空間の一部として広場空間があるが、道路空間の中から広場の空間を抽出する方法はいろいろ考えられるが、ここでは純粹に幾何学的方法によって抽出する方法を第1の提案とする。(昭和女子大学学苑第535号参照)

『道路あるいは通路等から、建物施設の空間を除外してつくられる空地(以後、「屋外通路的空地」として呼ぶこととする)のうち、以下の条件により限定される空地として切り取られる空間を広場とする』

条件1 (屋外通路的空地とその内部)

屋外通路的空地と建物施設が接する部分を、屋外通路的空地の境界とし、この境界に対し建物施設側を外部、空地側を内部とする。

(注)：屋外通路的空地は、閉じた領域を構成していない。

(注)：建物内の庭（入口に仕切り等のある庭あるいは塀で囲われた内側等）は、屋外通路的空地とはみなされない。

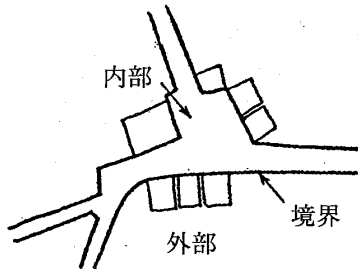


図 2

条件 2（屋外通路的空地の $\Delta \gamma$ 内部空地）

屋外通路的空地の境界に対して、その内部に、平行間隔 $\Delta \gamma$ の平行線を描き、この平行線に対して屋外通路的空地の境界の反対側を内部とし、平行線の内部領域を屋外通路的空地の $\Delta \gamma$ 内部空地とする。

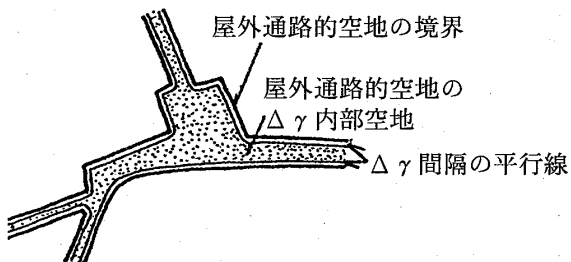


図 3

条件 3（広場核）

屋外通路的空地の $\Delta \gamma$ 内部空地が閉じた領域を構成するまで、 $\Delta \gamma$ を漸次増加させてゆき、閉じた領域を構成したときの $\Delta \gamma$ を γ^* とする。構成された閉じた領域を広場核とする。

条件 4（広場）

広場核の内部領域とその境界部分に中心を有

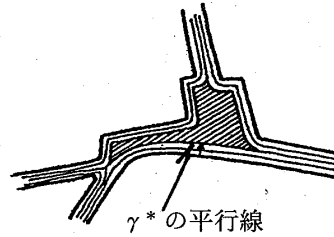


図 4

する半径 γ^* のすべての円の和集合を広場とする。

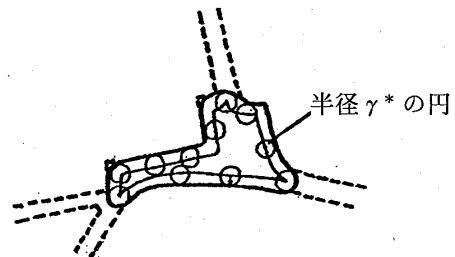


図 5

前記の広場についての形態的な定義の意味について考えてみよう。いま、 $\Delta \gamma$ の半径を有するボールを想定してみる。これを、都市の道の空間（屋外通路的空地の内部）に投げ入れてみよう。ボールは、道の境界（屋外通路的空地の境界）にぶつかり、反射をし、運動を続けてゆく。このとき、ボールの半径 $\Delta \gamma$ が十分小さいときには、道を囲む壁面に繰り返しぶつかり反射運動を行ってゆくことにより、都市の空間から外に飛び出してゆく可能性を有している。ここで、都市の空間というものが閉じた領域となっていること、つまりある限定された境界をもった領域として存在する必要がある。当面、都市は、ある限定された閉じた領域を構成するものと考えたとすれば、都市内の道の空間は、閉じた領域を構成していないために、前記のことが言えるのである。しかし $\Delta \gamma$ を、徐々に徐々に大きくしていったとき、無限に反射運動を繰り返す

返したとしても、都市の道の空間のある限定された領域にとどまってしまう場合がある。この限定された領域を、広場の空間であるとする考えに基づいた定義である。つまり、ボールの運動を、人間の流動に置き換えて考えてみれば良いわけで、都市の道の空間を動く人間群が、ある限定された空間において、よどんだ流れを自然と示してゆく所が広場であろうとする考え方から派生したものである。

以上の方法で抽出された広場空間は道路と接する部分で円の一部の形がでてくる。この円形の一部を操作の都合上、線分で置き換えて作業性をあげ、既存のCADソフトにより作図可能な方法を導入する。図6に示した事例に対してCADソフトによる広場の図化方式がそれにあたる。図7は6つの広場図に対してCADソフトにより広場を多角形表現したリストである。

(4) 凸多角形による広場の部分空間化

ここで、多角形として抽出された広場の形態分析に進んでいくが、図7のZnojmoを例として示していく。この事例はA～Dの4つの多角形として表現される広場であるが、そのうちのAを対象として形態分析を行う。この図形は12角形であるが、これを凸多角形の部分空間に区分することとする。12辺のうち任意の1以上の辺を取り、これと共有する辺を有する最大の凸多角形を描くことができる。

ただし、選ぶ辺が内部に対してどの2つをとっても内角が180度以下になる条件でないと凸多角形は描けない。このようにして描く凸多角形は有限個で高々 $n \times (n + 1) / 2$ 個以下であることが示せる。(n:多角形の辺の数) このような条件でAを区分したものが図8に示した。ここでさらにこの他にも凸多角形は描けるがこの5つで全体の広場空間をカバーできることと

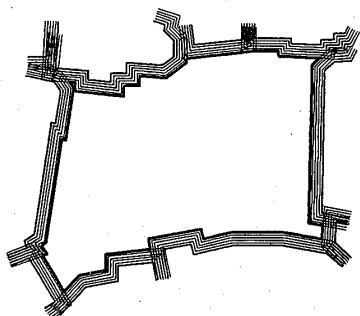


図6 平行線により広場を多角形化する操作

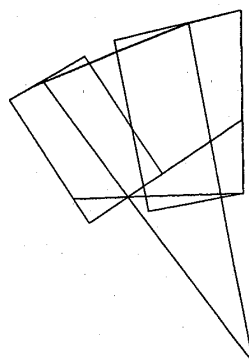
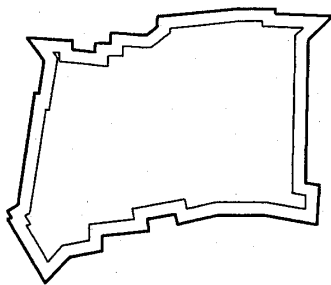


図9 A部分の凸多角形化

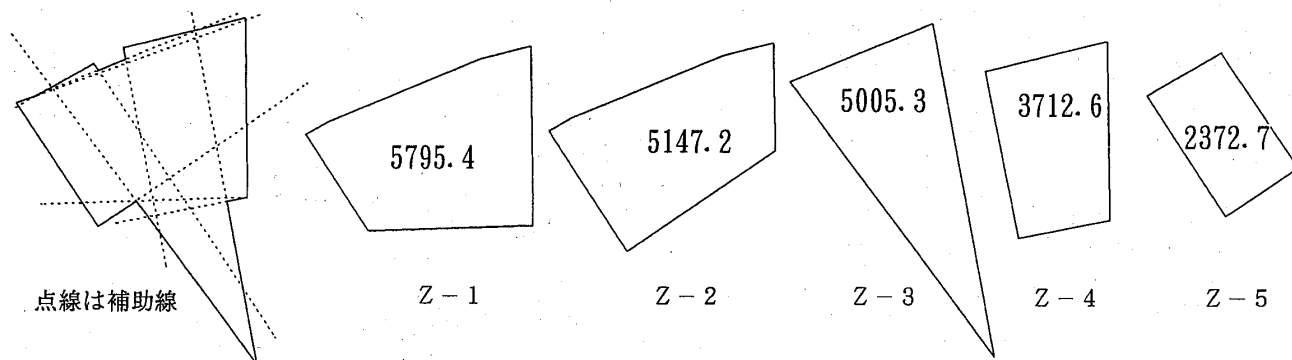


図8 Znojmoの凸多角形化

広場図	多角形化と平行線による閉領域化	広場形態の抽出	広場の多角形化
①Znojmo 			
②Telc 			
③Tabor 			
④Plzen 			
⑤Cheb 			
⑥Loket 			

図7 広場の多角形化のケーススタディー

他のものはこの5つの部分空間であるので、Z-1からZ-5の5つの記述が十分であると判断して、5つによる記述に進みたい。

図10は5つの凸多角形の重なり状態をそれぞれ示したものである。まずZ-1とZ-2についてであるが、Z-2はおおむねZ-1に含まれ、はみ出る部分はZ-1の2.4%にすぎない。それゆえZ-2はZ-1に代表される構造と見て良いであろう。それに対して、Z-3については少し様相が異なる。つまりZ-1に対して、はみ出る部分は25.6%と1/4におよぶ。その逆にZ-1がZ-3に対して、は

み出る部分は38.5%となり、お互いに対等の関係となっているといえる。つまり、この広場についてはZ-1とZ-3による主たる構成が出来ているし、Z-4、Z-5については、はみ出る部分は上記の主たる構成の部分に対して3.8%にすぎないから細部の部分空間として良いといえる。以上のことから図11に示すごとくこの広場の構成を示すことが出来る。つまりM₁、M₂がメインの空間構成要素でp 1からp 4の4要素は細部空間要素で付加的に扱うものである。M₁とM₂については、Z 1とZ 3のうち大きなもの、つま

り M_1 を主たる要素とし、 Z_3 は Z_1 からはみ出るものを M_2 としている。

また、広場空間を凸多角形に区分することによって次のこともわかる。つまり図12に示すごとく、 Z_1 から Z_5 の5つの部分空間のすべてが重なっている部分に立ってみれば広場全体を見渡すことが出来る。もちろん凸多角形で出来ている広場については広場のどこに立ってようと広場全体を確認できるのである。つまり、上記の共通部分がどのくらいの面積があるかによって一体感の持てる広場か否かがいえるのではないか。すべての凸多角形の重なり部分がない形状のものも当然出てくるし、その場合は一体感のもてる場所が無く、動的視点によってはじめて全体認識ができるタイプといえる。

(5) ケーススタディー：

既述のごとく図7は1998年の海外広場調査で得られたデータのうちからチェコ共和国の広場6つの広場平面形の多角形化したリストである。これから抽出された多角形を対象としてケーススタディーを行う。ここで得られた結果を検討してみると、対象とする広場に対して、多角形が単一のもので得られる場合と複数の多角形のものとに区分される。しかもその多角形が重なりを持って得られたものと、重なりが無く抽出されたものに分かれる。たとえば、最初のZnojmoの場合はA、B、C、Dの4つに区分される。そしてAとBは重なりを持ち、C、Dは独立してA Bとは重なりなく抽出された。このことの解釈は重なりを持っているA、Bの場合は空間の関連がある関係を持った二つであるが、他の二つはそれぞれ独立した広場といえる

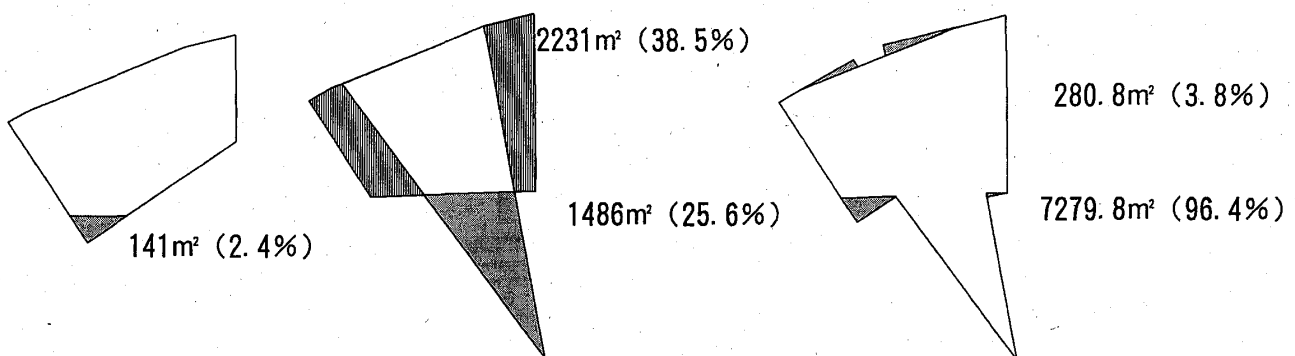


図10 凸多角形による空間構成

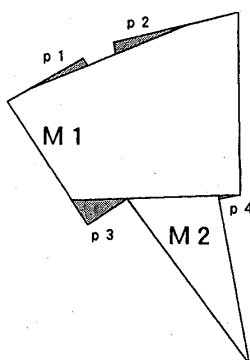


図11 広場構成の構造

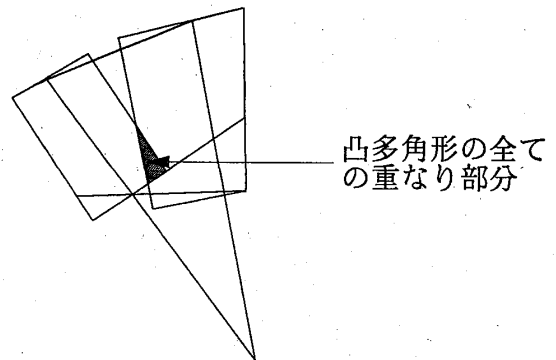


図12 凸多角形の重なりの意味

であろう。そして、次に広場を凸多角形による部分空間化を見ると、Znojmoの場合のB、C、Dの3者については内包する最大の凸多角形は簡単に限定されることが認識される。以下に事例ごとの特性を整理しながら、凸多角形分析によっていかなる内容が得られるかを示し、その内容を記述するための表現手法を定めていこうと考えている。

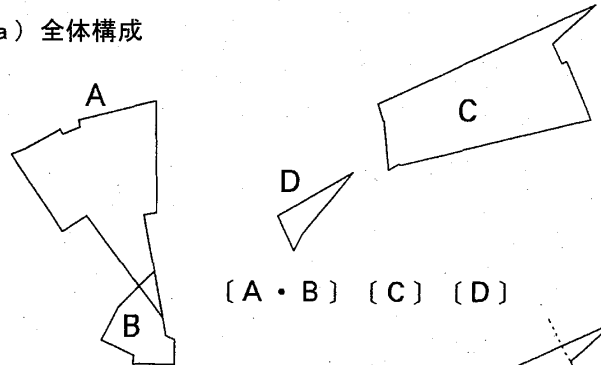
①Znojmo

a) 全体構成として広場平面形を多角形化した図により〔A・B〕〔C〕〔D〕の記述をおこなっている。〔 〕で囲われた部分は独立した一つの広場、あるいは連携したまとまりのある広場群として示すものである。上記の記述はZnojmoが3つの独立した部分から構成されており、〔A・B〕はAとBが連携して一つのまとまりある広場を構成しているという意味で、〔C〕、〔D〕については他と関連せず独立した広場としてあるという意味である。中段のb)図は凸多角形を描くための補助線であり、外形が複数の線分で構成されているのでその延長で描かれたものである。c) 詳細空間構成の図はまずA、B、C、Dそれぞれに内包する最大面積の凸多角形を描きそれをそのひろばの第1の構成要素としてとらえM₁、残りの部分を順次最大凸多角形を配置していき(M₂~M_n)、残りの部分が全体に比して微細な部分となった場合にそれをp₁~p_nとして示す。ZnojmoについてはB~Dについては一つの広場としておおむねどの部分にいても全体を認識できる形態であるが、AについてはM₁のメインと、M₂のサブの部分空間に分かれている形態となる。(図13参照)

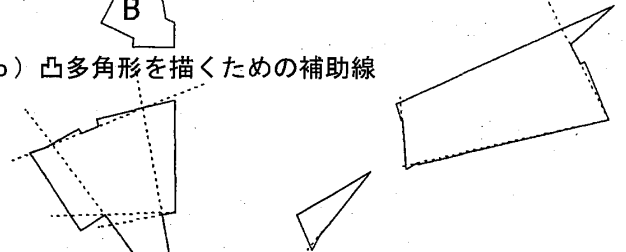
②Telc

全体構成は3つの部分に分かれるが、メインはAの単一的なものであるが、B、Cの二つは小規模な部分であるにもかかわらず連携してい

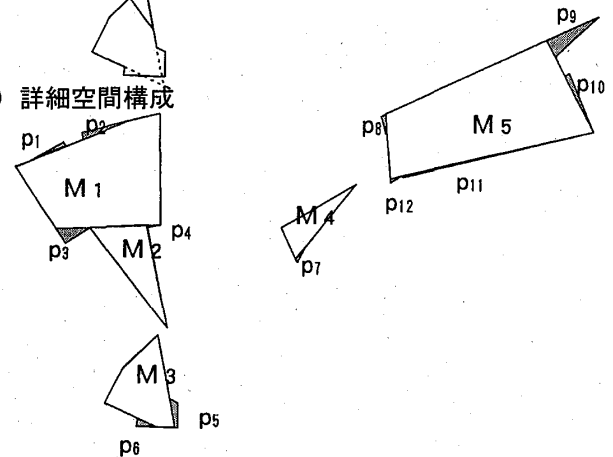
a) 全体構成



b) 凸多角形を描くための補助線



c) 詳細空間構成



$$\left[(M_1 \cdot M_2 + p_1 \sim p_4) \cdot (M_3 + p_5 \sim p_6) \right] \\ [M_4 + p_7] [M_5 + p_8 \sim p_{12}]$$

図13 Znojmoの広場構成

る。Aとは関係していない。詳細空間構成で示されているが、B、Cに関しては単純な構成であるが、Aについては3つの部分空間で構成されている。そのうちメインはM₁で他の二つについては両者ともM₁に対して導入的空間構成の位置づけとして示される。全体に対して微細な部分のp₁~p₃についてはどこまでを微細な部分としてどこまでをメインの空間としてとらえるかに若干の問題があるであろう。あくまでも面積比でとらえるのであろうが、全体の1割程度はメインとしてとらえないでよいと思われる

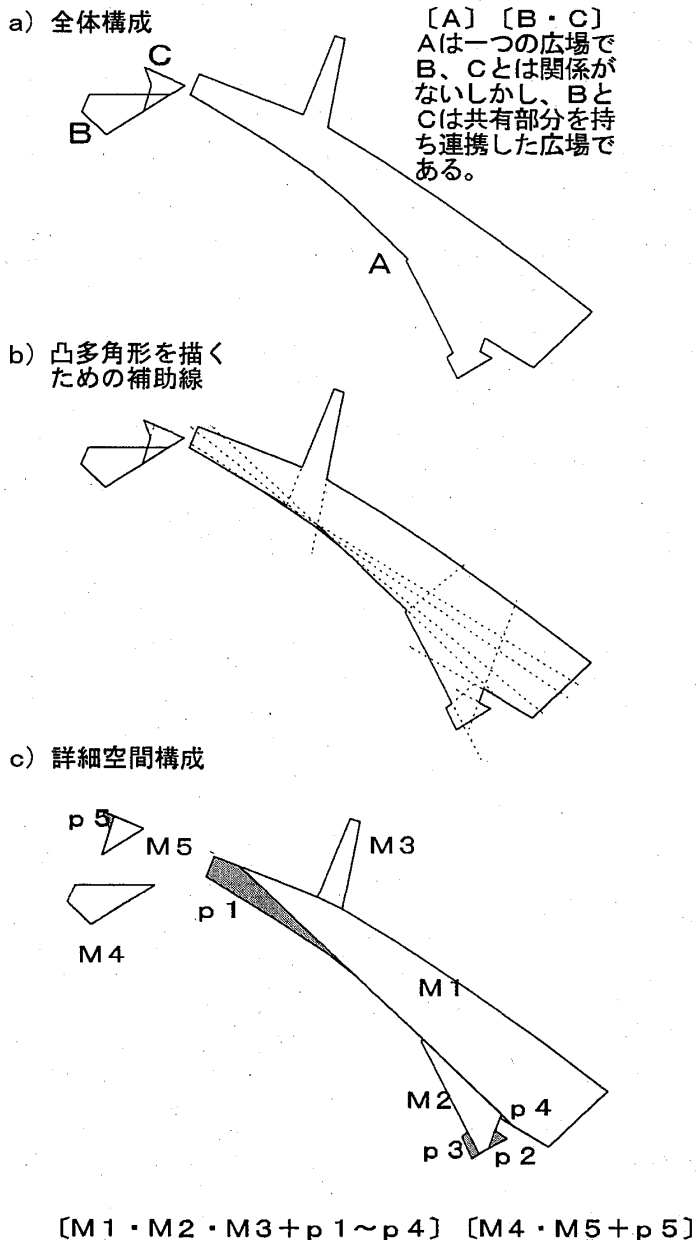


図14 Telcの広場構成

る。(p 1 : 全体の7.5%) (図14参照)

③Tabor

①、②に比してTaborは最大凸多角形M₁が圧倒的に規模が大きく86.7%を示す他のM₂～M₄は3%以下で本来は微細部分に所属すべきであるが、この3者はM₁の導入的空間をなすものであるからあえて位置づけを持たせた。

いずれにせよ、Taborの場合整形プランとはいえないが単一的広場であるといえる。(図15

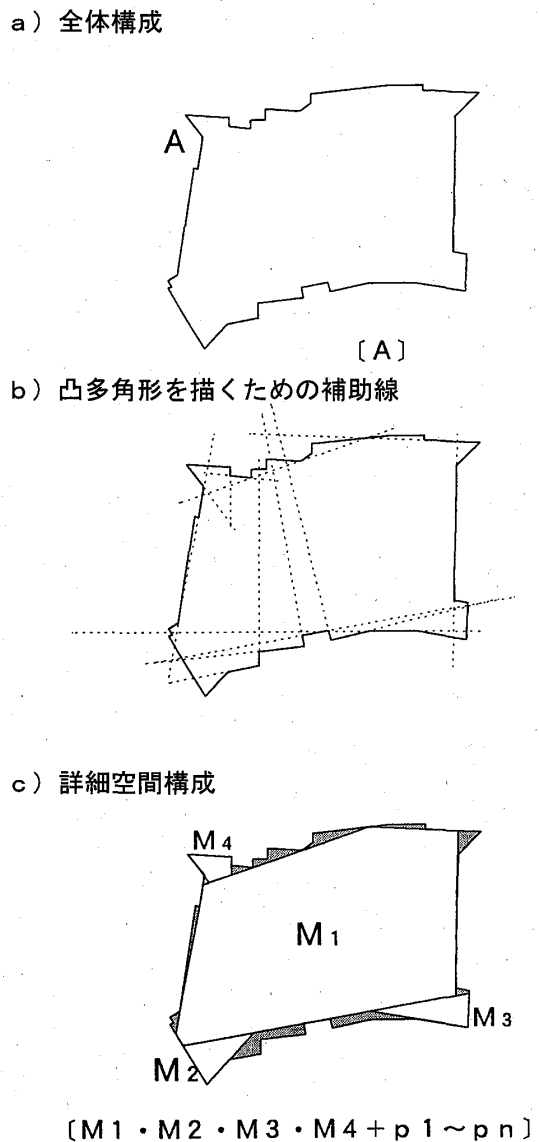


図15 Taborの広場構成

参照)

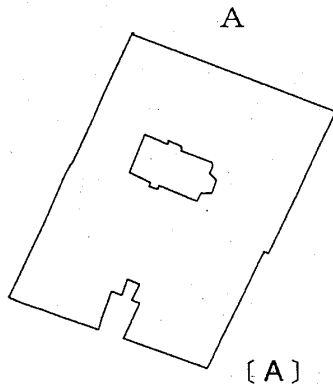
④Plzen

④、⑤は全体構成で平面形に穴の開いた形状である。④は中央部に、⑤は片隅にである。Plzenの場合はメインの空間が並列的に並び、それをつなぐ形でM₅、M₆が見なされ、全体として回遊空間を構成している。(図16参照)

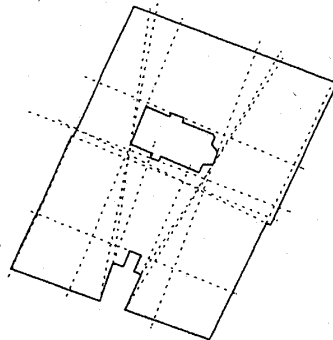
⑤Cheb

Plzenと異なるのは、メインの空間M₁、M₂の二つが隣接していて一つのまとまりを成している点であろう。M₃、M₄の空間構成によって

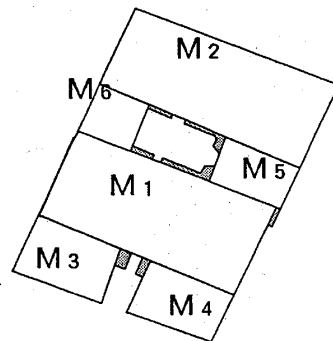
a) 全体構成



b) 凸多角形を描くための補助線



c) 詳細空間構成



[M1・M2・M3・M4
・M5・M6 + p1～p6]

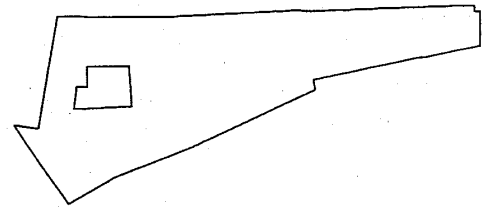
図16 Plzenの広場構成

回遊空間を成しているとも言えるが他に比して面積比率が小さく弱いところであろう。(図17参照)

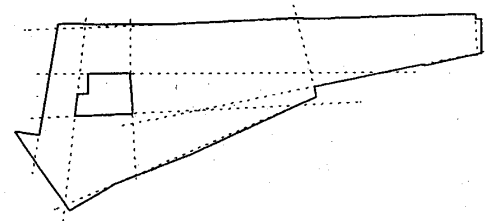
⑥Loket

Loketの場合は3つの部分空間から構成され

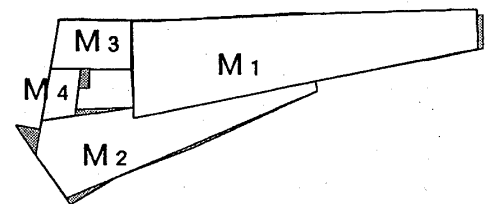
a) 全体構成



b) 凸多角形を描くための補助線



c) 詳細空間構成



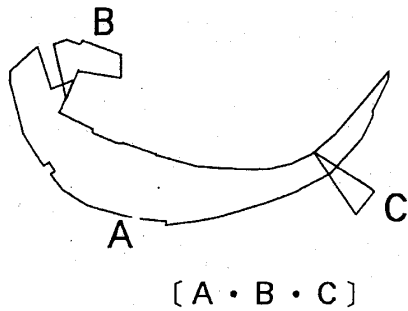
[M1・M2・M3・M4 + p1～p5]

図17 Chebの広場構成

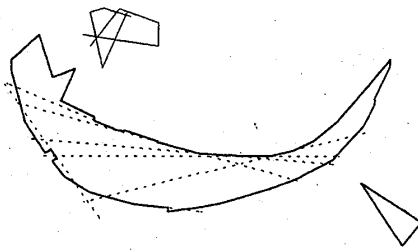
ているが、3つ共に共有部分を持ち、連携しながら機能している。またB、CはM₁に対して小規模であるために導入的空間の要素として位置づける。いずれにせよ、空間構成は湾曲した構成の中で全体の把握は移動してはじめて可能であるといえる。④、⑤の移動と異なり、軸状の移動である点が特性といえる。(図18参照)

⑦全体に共通して言えることは図19に示されるごとく凸多角形化したときに全ての凸多角形が重なる部分に立てば全空間の認識が可能である。ケーススタディーの6事例ではZnojmoのA部分のみである。この全体空間認識の領域が

a) 全体構成



b) 凸多角形を描くための補助線



c) 詳細空間構成

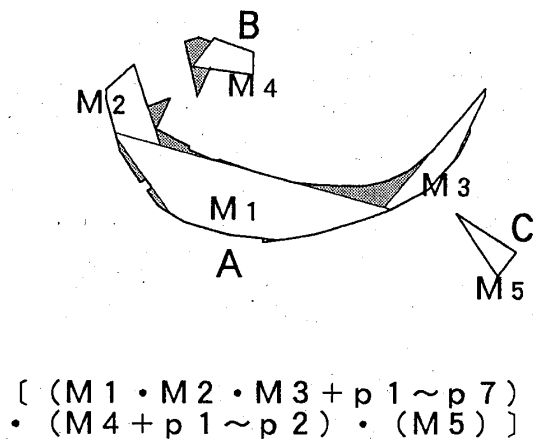


図18 Loketの広場構成

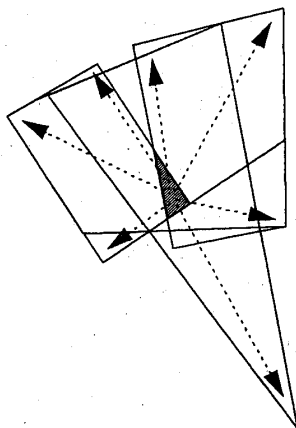


図19 広場全体空間認識
視線が全てのコーナーまで届く

広場空間の面積に対してどの程度の部分を占めるかでその広場の性格が規定できるであろう。

(6) 凸多角形による形態分析

凸多角形による広場の形態分析を以下の手順で行うことを提案する。

①広場形態を屋外通路的空地から切り取る形で閉領域 H_i ($i=1,2,\dots,n$)を描き、これを広場の平面形態とする。屋外通路的空地を線分の複合で把握していれば得られる広場形態は多角形となる。閉領域 H_i が相互に共有部分を有するものは両者は連携した広場ととらえ、共有部分がない物は独立した広場と考える。

②閉領域 H_i ($i=1,2,\dots,n$)の内部領域を凸多角形の部分領域 M_j ($j=1,2,\dots,m$)と細部領域 p_k ($k=1,2,\dots,q$)に区分する。

$$H_i = \cup M_j + \cup p_k \quad \dots (2)$$

ただし

M_1 : 閉領域多角形 H_i の複数の辺あるいは辺の延長を共有する最大の凸多角形とする。

M_j : 領域 $(H_i - \sum M_k (k=1,2,\dots,j-1))$ の中での最大凸多角形とする。

M_j が充分小さくなった段階で細部領域 $p_1 \sim n$ として基本空間構成の内容からは外す。(図20参照)

③ M_j を基本空間構成ととらえ、広場空間の形態を規定していく。

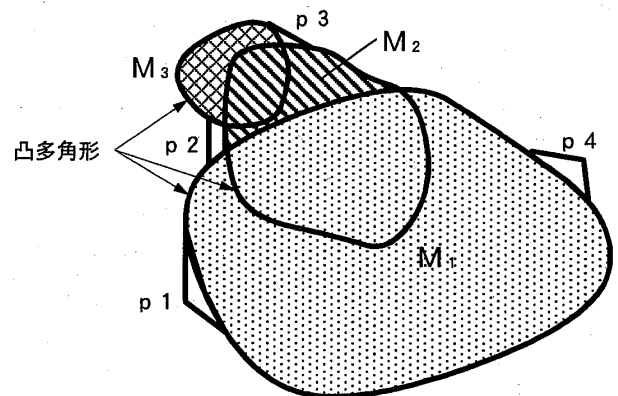


図20 閉領域 H_i の構成を概念的に示した図

④閉領域多角形 H_i をその複数の辺あるいは辺の延長を共有する最大凸多角形の和集合としたとき、それらの凸多角形の共有部分の状況によって閉領域多角形 H_i の状況（広場全体を認識できる空間）を記述できる。

（7）今後の展望

広場の平面形を純粹に幾何学的な形態に置き換えてその特徴を把握する手法を検討してきた。広場が群衆流動のよどみの空間であるという基本的視点をもとにした幾何学的手法によって広場の平面形を抽出し、それに凸多角形の形態的特徴による分析を加え、多様な広場の状況に対する分析手法の一提案ができた。今後はこの手法をもとに広場の形態分析を行っていき、さらに手法の確立を目指したい。

附：引用文献

1. 芦川 智、空間配列についてのノート（3）
広場の形態論、昭和女子大学学苑第535号、28頁～29頁、昭和女子大学、昭和59年7月
2. 日本数学会編、凸閉曲線：449頁、Jordan弧：437頁、数学事典、平凡社、1954年

参考文献

1. 芦川 智、活動等高線についての研究－R*の3次元化その1－、日本建築学会論文報告集第283集、120頁～125頁、日本建築学会、昭和53年10月
2. 芦川 智、活動等高線についての研究－R*の3次元化その2－、日本建築学会論文報告集第284集、111頁～117頁、日本建築学会、昭和53年10月
3. 芦川 智他3名、活動状況図の表現手法に関する基礎的考察（その5）広場の形態的把握3、日本建築学会大会学術講演梗概集1991年、795頁～796頁、日本建築学会、平成3年9月
4. 芦川 智、都市広場の類型化手法に関する研究－東欧とトルコの都市広場の比較からの考察－、1頁～27頁、昭和女子大学大学院生活機構研究科、紀要Vol.4、昭和女子大学大学院生活機構研究科発行、平成7年3月
5. 芦川 智・金子友美・鶴田佳子、都市と広場の形態学－9回の海外都市広場調査からの考察－、35頁～63頁、昭和女子大学大学院生活機構研究科紀要Vol.7、昭和女子大学大学院生活機構研究科発行、平成10年3月
6. 鶴田佳子・芦川 智、都市広場における空間構成の一考察、生活機構研究科紀要Vol.9、昭和女子大学大学院生活機構研究科発行、67頁～75頁、平成12年3月

（あしかわ さとる 生活機構学専攻 教授）
（かねこ ともみ 生活環境学科 専任講師）
（つるた よしこ 現代教養学科 専任講師）
（たかぎ あきこ 生活環境学科 助手）

受理年月日 平成17年9月28日
審査終了日 平成17年12月7日