ISSN 2186-5647

7-9

古代ギリシャ都市アテネのアゴラにおける画像解析による復元的考察
-画像相関技術を用いたアゴラの空間の秩序化について-

日大生産工(学部)　○松枝　朝　　(株)梓設計　　木村　敏浩
日大生産工　　大内　宏友

1. はじめに

環境と人間との関わりは複雑な関係性かつ多変量にわたる要因分析が必要であると考えられる。都市環境と人間心理の関係分析ではこれまで２次元による解析が主体であったが、３次元データ（3D）による解析が重要となってきている。

2500年に及び続く西洋の建築、都市史上の原点とする見方がある古代ギリシア都市アテネは、建築、都市を記述する用語の多くがその時代に起源をもつことはよく知られている。 古代ギリシア都市アテネの研究は国際的にも、歴史的にも数多くされてきた。初期の著述家は、都市形状の配置計画の問題点を論ずることはほとんどなかった。プラトン、アリストテレスの理想都市論は、異なる社会階層の比率と相互関係との出来事に着目しており、都市の配置計画や物理的編成については付随的にしか触れていない。都市計画の具体的な論理が現れてくるのは、ヘレニズム期になってからである。プリニウス、フロンティヌス、ウィトルウィウスのような論述家などである。それでもなお今日に伝わる技術書の実質的な表記は、土地測量や給水といった関連分野の現存する遺跡に関するものだけといえる。R.E.ウィッチャーリーは「アゴラとは他のどんな都市の公共の広場でも、さまざまな活動がこれほど頻繁に、不断に集中して行われた場所はない。その機能は、公共的広場というよりはむしろ都市の中枢地域、その心臓なのである」と表現している*2。都市の諸機能の拡大や、細分化にもかかわらず、アゴラは昔からの雑多の機能を実質的に受け継いできた。アテネのアゴラはもともとアクロポリスの東側に存在していたが、紀元前508年にクレイステネスの改革にともなう諸制度の整備に付随してアクロポリスの北麓に移動した。初期のアゴラの形は、非常に単純なものであり、一つの開けた土地が、すべての目的にかなっていた。人々はそこに集って熱弁を聴き入り、必要なものといえば、演説者のための演壇だけであった。アゴラの成長は建物の数と質に、その過程を見ることができる。

一方として、個と総体との関係性や物理的収縮を持たないパターンの特徴を扱う科学として、フラクタル理論は様々な分野に応用されている。自然界は樹木から銀河系に至るまでフラクタル性を持つ形態のカスケード(多層構造)とし、それらの時間的変動もフラクタルとして捉えられる。フラクタル次元*1を用いた分析手法は、一見不規則な事象や形状の複雑さを定量的に示すことが可能であることから、建築・都市・地域計画分野の研究にも応用されつつある。

2. 既往研究のレビューと本研究の目的

我々の既往研究では、地理情報に基づいて３Ｄモデルを構築し[18)]、さらに上空から光を照射することによって陰影画像を作成し、視認性を確認した。[19)20)]そして、フラクタル次元解析によって以下のことが明らかとなった。[21)22)]

ⅰ)B.C.300の小規模の神殿を多く持つアゴラは、高いフラクタル性を持っていた。

ⅱ)B.C.150に道路の南側に沿って非常に大規模な商業施設が建設された為、Light-2及びLight-3でのフラクタル性は大幅な減少を示した。

ⅲ)さらに、A.D.100にアゴラの中心に大規模な公共施設が建設された為、全体のアゴラのフラクタル性は減少を示した。

本稿は、既往研究によって復元された３Ｄモデルに光を照射し、陰影画像を作成することでアゴラの北西に位置するヘファイストス神殿の可視領域を明らかにする。さらに、フラクタル次元解析を行うことによって、主要な施設と公開された空地の関係性や既往研究とを比較し、考察する。具体的には、３Ｄ広場モデルの陰影画像をボックスカウンティング法を用いた検討を行う。

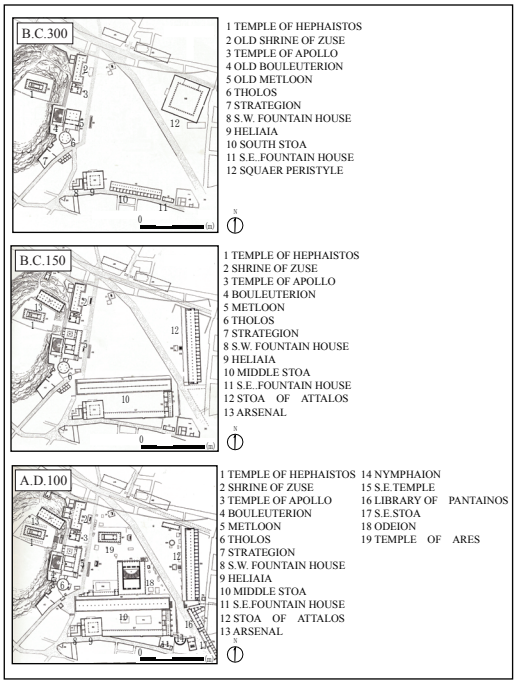

図-1　アゴラ配置図

＊1　フラクタル次元:自己相似性を定量化した数値であり、相似性をもとにした測度で、異相次元と異なり、非整数値を取ることが特徴である。
＊2　ウィッチャーリー(小林文次訳):『古代ギリシアの都市構成』相模書房、1980 より引用

Study on Restoring consideration by image analysis in AGORA of ancient Greece city Athens
-ordering of the space of Agora using the image correlation-
Tomon MATSUEDA, Toshihiro KIMURA and Hirotomo OHUCHI

3. 広場形成のプロセスについて

3-1. 分析手法

ⅰ)文献(1(14による配置図を使用し、年代別に形成過程を3種類に分類する。

①その年代に存在している建築物　－ 存在建築物
②その年代に新設されている建築物 － 新設建築物
③その時代に消滅している建築物　－ 消滅建築物

ⅱ)文献による配置図を使用し、年代別に広場内建築物の用途を６種類に分類する。

①行政 ②公共 ③商業 ④神域 ⑤住居 ⑥文化

3-2. 分析結果

B.C.500においてはアゴラ西部に神域が非常に多く存在しており、その反面、劇場等の文化施設は存在していないことがわかる。B.C.400には商業施設が多く建設されていると同時に神域が多く消滅している。また、アゴラ西部を南行する道路が出来、道路に沿って施設が建設されることで中心性が生まれていることがわかる。B.C.300ではこれまでにないような公共施設の建設が目立つ。B.C.150では、公共施設が消滅し、中心を囲う道路の3辺に接するほどの大規模な商業施設が建設されていることがわかる。また、神域も多く建設されている。A.D.100になり、初めて文化施設の建設が顕著に表れている。また、小規模な行政施設も多く建設されている。

いずれの年代においても、アゴラに対して西に位置するKOLONOS AGORAIOS*3に沿うように神域が多く存在している。

アゴラ内の公開された空地ではB.C.150までの間、その空地を囲むように建設される発展プロセスをとっているが、A.D.100では文化施設や行政施設が大きく入り込んでいることがわかる。

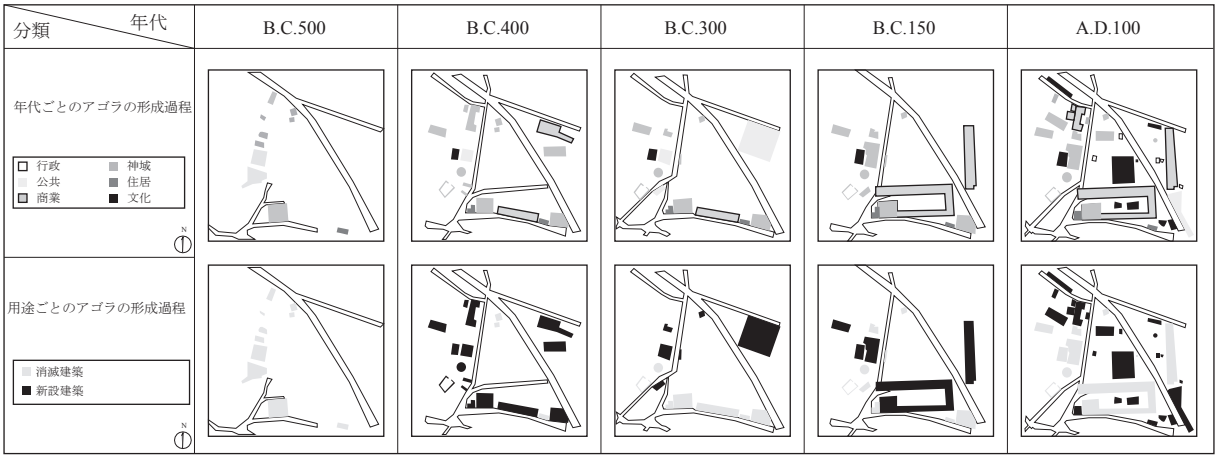

図-2　アゴラ形成の変遷（B.C.500～A.D.100）

表-1　アゴラ形成の変遷（B.C.500～A.D.100）

年代	B.C.500	B.C.400	B.C.300	B.C.150	A.D.100
消滅建築		ROYAL STOA Ⅰ	NEW BOULEUTERION(Ⅱ)	ESCHARA	SHOPES
		SHRINE OF ZEUS		HOUSE	BOULEUTERION(Ⅳ)
		TEMPLE OF APOLLO		BOULEUTERION(Ⅲ)	MINT
		TEMPLE OF METER		OLD BOULEUTERION(Ⅱ)	PRISON
		BOULEUTERION Ⅰ		SQUARE PERISTYLE	HELIAIA
		PRYTANIKON		SOUTH STOA Ⅰ	
新設建築	ROYAL STOA Ⅰ	TEMPLE OF HEPHAISTOS	APOLLO PATROOS	SANCTUARY OF DEMOS & GAECE	APROACH FROM DIPYOLON
	SHRINE OF ZEUS	ROYAL STOA Ⅱ	BOULEUTERION(Ⅲ)	ARSENAL	BOULEUTERION(Ⅴ)
	TEMPLE OF APOLLO	TEMPLE OF ZEUS	S.W.FOUNTAIN HOUSE	METLOON	TEMPLE OF AREA
	TEMPLE OF METER	NEW BOULEUTERION(Ⅱ)	SQUAER PERISTYLE	BOULEUTERION(Ⅳ)	ODEION
	BOULEUTERION Ⅰ	OLD BOULEUTERION(Ⅱ)		BEMA	BASILICA
	PRYTANIKON	THOLOS		STOA OF ATTALOS	HOUSE A SHOP
	HELIAIA	STRATEGION		MIDDLE STOA	LIBRARY OF PANTAINOS
	12GODS	HOUSE		SOUTH STOA Ⅱ	S.E.STOA
	ESCHARA	SHOPES		HELIAIA	NYMPHAION
	S.E.FOUNTAIN HOUSE	COURTROOM			S.E.TEMPLE
		PRIVATE HOUSE & SHOPS			BATHS
		SOUTH STOA Ⅰ			
		MINT			
		PRISON			
		POIKLE STOA			
存在建築	ROYAL STOA Ⅰ	HELIAIA	HELIAIA	HELIAIA	12GODS
	SHRINE OF ZEUS	12GODS	12GODS	12GODS	S.E.FOUNTAIN HOUSE
	TEMPLE OF APOLLO	ESCHARA	ESCHARA	S.E.FOUNTAIN HOUSE	TEMPLE OF HEPHAISTOS
	TEMPLE OF METER	S.E.FOUNTAIN HOUSE	S.E.FOUNTAIN HOUSE	TEMPLE OF HEPHAISTOS	ROYAL STOA Ⅱ
	BOULEUTERION Ⅰ	TEMPLE OF HEPHAISTOS	TEMPLE OF HEPHAISTOS	ROYAL STOA Ⅱ	TEMPLE OF ZEUS
	PRYTANIKON	ROYAL STOA Ⅱ	ROYAL STOA Ⅱ	TEMPLE OF ZEUS	THOLOS
	HELIAIA	TEMPLE OF ZEUS	TEMPLE OF ZEUS	THOLOS	STRATEGION
	12GODS	NEW BOULEUTERION(Ⅱ)	OLD BOULEUTERION(Ⅱ)	STRATEGION	COURTROOM
	ESCHARA	OLD BOULEUTERION(Ⅱ)	THOLOS	SHOPES	PRIVATE HOUSE & SHOPS
	S.E.FOUNTAIN HOUSE	THOLOS	STRATEGION	COURTROOM	POIKLE STOA
		STRATEGION	HOUSE	PRIVATE HOUSE & SHOPS	APOLLO PATROOS
		HOUSE	SHOPES	MINT	S.W.FOUNTAIN HOUSE
		SHOPES	COURTROOM	PRISON	SANCTUARY OF DEMOS & GAECE
		COURTROOM	PRIVATE HOUSE & SHOPS	POIKLE STOA	ARSENAL
		PRIVATE HOUSE & SHOPS	SOUTH STOA Ⅰ	APOLLO PATROOS	METLOON
		SOUTH STOA Ⅰ	MINT	S.W.FOUNTAIN HOUSE	BEMA
		MINT	PRISON	SANCTUARY OF DEMOS & GAECE	STOA OF ATTALOS
		PRISON	POIKLE STOA	ARSENAL	MIDDLE STOA
		POIKLE STOA	APOLLO PATROOS	METLOON	SOUTH STOA Ⅱ
			BOULEUTERION(Ⅲ)	BOULEUTERION(Ⅳ)	APROACH FROM DIPYOLON
			S.W.FOUNTAIN HOUSE	BEMA	BOULEUTERION(Ⅴ)
			SQUAER PERISTYLE	STOA OF ATTALOS	TEMPLE OF AREA
				MIDDLE STOA	ODEION
				SOUTH STOA Ⅱ	BASILICA
					HOUSE A SHOP
					LIBRARY OF PANTAINOS
					S.E.STOA
					NYMPHAION
					S.E.TEMPLE
					BATHS

*3　KOLONOS AGORAIOS:アゴラ西部に位置する丘で、ヘファイストス神殿やアテナの神殿が建っている

4. フラクタル次元分析

4-1. 分析手法

Ⅰ. 3Dデータ作成

ⅰ）平面図、及び立面図を画像データにし、AutoCAD2000に取り込み、ベクトルデータに変換する。

ⅱ）参考文献[1)14)]と現地調査データ[*4]をもとに、建築物の高さ等を測定する。ベクトルデータをAutoCAD2000i上で立ち上げる。

ⅲ）3D Studio MAX3.1で読み込み、3D Studio MAX3.1で作成しておいた敷地に配置する。

Ⅱ. 3D広場モデル作成

3D広場モデルを300m×300mの範囲で選定する。これをRange-1とする。3D広場モデルを135m×135mの範囲で選定する。これをRange-2とする。

Ⅲ. 光源の設置

ⅰ）光源を各3次元広場モデルの角であり道上にあたる3箇所から1.6m上空に設置しLight-1～Light-3とする。この条件をRange-1に適応する。（図-3）

ⅱ）光源を3D広場モデルの中央から1.6m上空に設置しLight-4とする。この条件をRange-2に適応する。（図-3）

ⅲ）光源を神殿の屋根の位置に設置しLight-5とする。この条件をRange-1に適応する（図-3）

Ⅳ. 光の減衰

ⅰ）Light-1～Light-3、Light-5においては光の減衰始点を135mに選定し終点は3次元モデルの外接円とする。

ⅱ）Light-4においては光の減衰始点を60mに選定し終点は3次元モデルの外接円とする。

Ⅴ. フラクタル次元解析

ボックスカウンティング法は、陰影画像を適切な閾値で2値化処理する。ここでは、閾値を2.3%（256×0.023≒6階調以上を白とする）とした。

このように作成した2値化画像を一辺r画素の正方形で被覆するとき、対象とする画素値を含む正方形の個数を画素間隔rごとに$N(r)$とすると、次の式が成り立つ。

$$N(r) \cdot r^{D} = C \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

ここで、Cは定数であり、このときのDがフラクタル次元となる。また、式（1）を変形すると、

$$\log N(r) = \log C - D \log Nr \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

となる。フラクタル次元Dは$\log r$と$\log N(r)$の直線の傾きであり、最小二乗法により算定することができる。

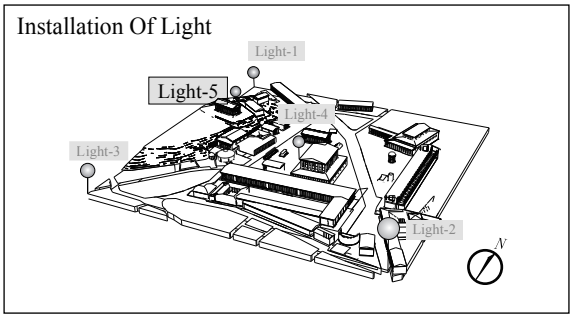

図-3　光源の設置

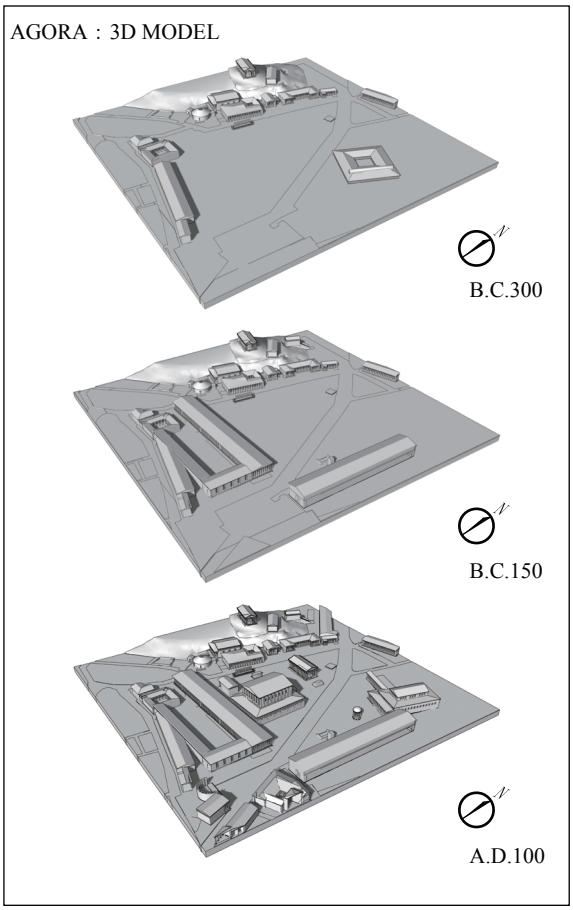

図-4　3D広場モデル

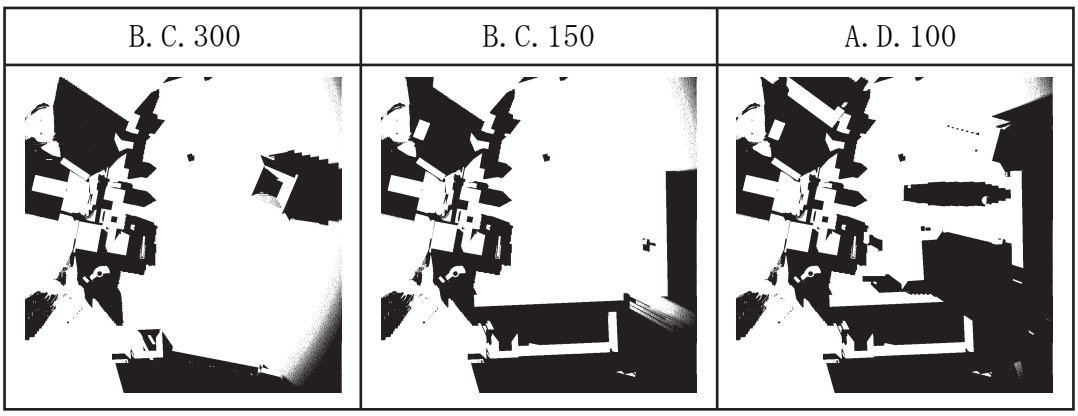

図-5　ヘファイストス神殿の可視領域

*4　2001年７月に本研究室大学院生により行われた

4-2. フラクタル次元解析結果

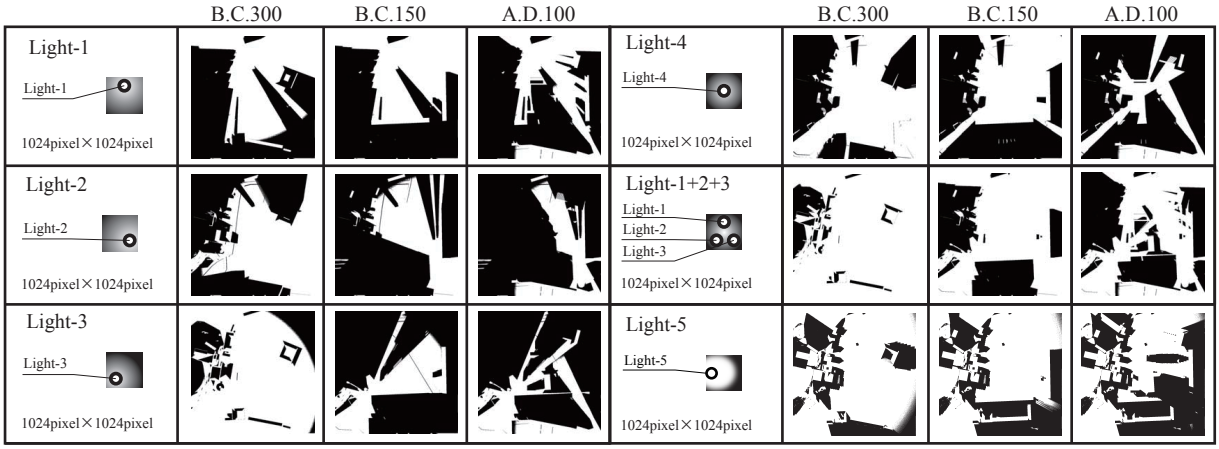

図-6　2値化画像

表-2　広場のフラクタル次元

位置＼年代	B.C.300	B.C.150	A.D.100
Light-1	1.8636	1.8587	1.8333
Light-2	1.8955	1.8070	1.7969
Light-3	1.9539	1.8119	1.7947
Light-4	1.9153	1.8585	1.7524
Light-1+2+3	1.9733	1.9167	1.8958
Light-5	1.8015	1.8342	1.8700

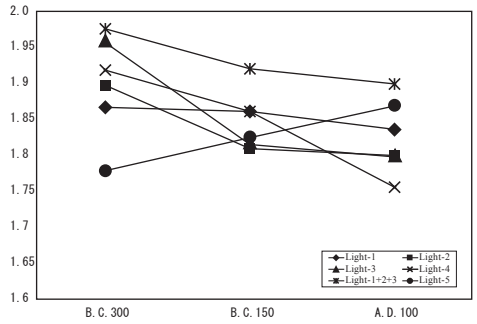

図-7　広場の年代別フラクタル次元

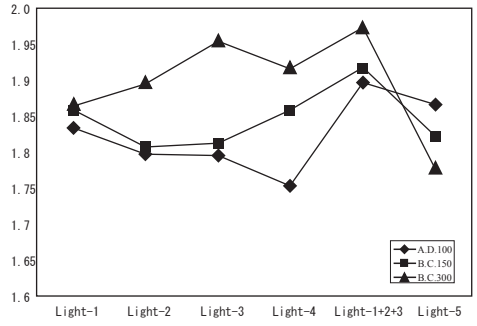

図-8　広場のLight別フラクタル次元

ⅰ)ヘファイストス神殿の可視領域は、画像中の白の範囲である。B.C.300、B.C.150では広場空間のほとんどの視点から可視であるが、A.D.100では広場空間に文化施設や行政施設が建設されることで、可視領域が減少している(表-2)。

ⅱ)今回のボックスカウンティング法の解析結果より、Light-5だけが年代が進むにつれてフラクタル次元が増加していることがわかる(表-2・図-7)。

ⅲ)Light-5でのフラクタル次元を各年代ごとに見た場合、他のLightと比較すると順列が反転していることがわかる(表-2・図-8)。

ⅳ)B.C.300において、Light-5のフラクタル次元が他のLightと比較すると小さいことがわかる(表-2・図-7)。

5. まとめ

以上、アゴラにおける広場形成プロセスを分析することにより、建築物と広場及び建築物群との関係を可視・不可視の双方から考察することができた。さらにフラクタル次元解析により、ヘファイストス神殿の可視領域におけるフラクタル性を年代ごとに解析できた。

結果より、Light-5と既往研究のLight-1～Light-4とのフラクタル次元は、年代別も含め逆を示した。

今回検討したLight-5では、既往研究で設置していたより高い位置に光源を設置し、照射したことによって施設の高さ情報をより含めたフラクタル次元解析が行えたと考えられる。その結果、ヘファイストス神殿が見える範囲をより具体的に明らかにすることが出来た。また、ヘファイストス神殿はA.D.100を除く広場空間のほとんどの視点から可視であることが明らかになった。

参考文献

1)JOHN TRAVLOS:『PICTORIAL DICTIONARY OF ANCIENT』PRAEGER、1971
2)ウィトルーウィウス（森田慶一訳）：『ウィトルーウィウス建築書』東海大学出版会
3)森田慶一 ：『西洋建築入門』東海大学出版会
4)森田慶一 ：『西洋建築史概説』
5)日本建築学会:『西洋建築史圖集』 彰國社
6)バウムガルト ：『西洋建築様式史』全２巻鹿島出版会
9)ウィッチャーリー（小林文次訳）：『古代ギリシアの都市構成』相模書房、1980
10)D.S.Robertson:『 Greek and Roman Architecture』Cambridge、1943.
11)W.B.Dinsmoor:『 The Architecture of Ancient Greece』London、1975
12)B．ワード=パーキンズ:『古代ギリシアとローマの都市』 井上書院、1984
13)新建築学体系編集委員会:『新建築学体系１６』彰国社、1981
14)J.J.WOLFENSBER:『THE ATHENIAN AGORA』AMERICAN SCHOOL OF CLASSICAL STUDIES AT ATHENES、1990
15)ニキ・ドロス・パナヨトゥ:『古代アテネの遺跡』ヴィジョン出版、1990
16) カール・ボーヴィル著・三井直樹・三井秀樹　共訳：「建築とデザインのフラクタル幾何学」
17)大谷幸夫著：「都市空間のデザイン-歴史の中の建築と都市-」岩波書店、2012
18) 木村 敏浩・松本 学・松原 三人・黒岩 隆氏・大内 宏友：「都市環境のイメージにおける3D街区モデルのフラクタル性に関する研究」第２５回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、2002
19) 木村 敏浩・松本　学・大内 宏友：「都市環境のイメージにおける３Ｄ画像解析を用いた分析手法Ⅰ」建築学会論文集2002
20) 松本 学・木村 敏浩・大内 宏友：「都市環境のイメージにおける３Ｄ画像解析を用いた分析手法Ⅱ」建築学会論文集2002
21)金岡 正悟・木村 敏浩・大内 宏友：「都市環境における広場形成のフラクタル性に関する研究」情報シンポジウム2003
22)Hirotomo Ohuchi・Satoshi Yamada・Toshihiro Kimura・Setsuko Ohuchi・Mitsuhito Matsubara：「Study on Changes in Ancient City Agoras Using Fractal Analysis-Using Shaded Image to Describe the Formation of Agora in 300 B.C., 150 B.C., and 100 A.D.-」JAABE2011