

アルゴリズム的手法を用いた地下避難空間の可能性の研究と提案 ー淡路島福良地区を対象とした玉葱小屋の分布解析をパラメーターとしてー

石津 優子^{1*} 遠藤 秀平^{2*}

¹工学研究科建築学専攻

キーワード： 仮設住宅、斜面地、アルゴリズム、コンピューテーショナルデザイン

近年にみられる情報技術の発展はコンピュータを利用した建築デザインの新しい時代の到来を示唆している。現在のコンピュータの計算能力は、建築的なスケールにおいて、人間の能力を超えた膨大な量のケーススタディを可能とする。本研究は、既定されたソフトを使って設計するのではなく、設計者の意図を自らデザインツールに加えていくことでコンピュータに自分の意図するデザイン方法を伝え、人間とコンピュータが対話しながら協働して設計していくというアルゴリズム的な手法で建築計画に要求されるシステムを構築をしていく。そのことにより求められる各々の条件に対して結果を最大化することが可能である。今回はその技術を用いて、地下避難空間の計画を行う。兵庫県から南海地震の発生時、津波浸水区域として指定されている兵庫県南あわじ市福良地区において地下避難空間をアルゴリズム的な手法を用いて設計し、その際に良好な環境やプログラム配置、どのような形状が良いかを同列に扱って、それをスタディモデルの設計の各段階で検証・変更可能なシステムを構築することを目的とする。

1. はじめに

1.1 背景と目的

近年、情報化、自動化が進み、設計者がCADソフトや3Dモデリングソフトを用いて作業をすることが一般化した。その際、これらのソフトは、最初から設計者に既定された操作をすることしか許さない。それゆえにソフト自体の制限に設計者も拘束されている例が多く見られる。本研究は、既定されたソフトを使って設計するのではなく、設計者の意図を自らデザインツールに加えていくことでコンピュータに自分の意図するデザイン方法を伝え、人間とコンピュータが対話しながら協働して設計していくというアルゴリズム的な手法でシステムを構築をしていく。兵庫県から南海地震の発生時、津波浸水区域として指定されている兵庫県南あわじ市福良地区において地下避難空間をアルゴリズム的な手法を用いて設計し、その際に良好な環境やプログラム配置、どのような形状が良いかを同列に扱って、それをスタディモデルの設計の各段階で検証・変更可能なシステムを構築することを目的とする。

1.2 コンピューテーションの思考と設計方法

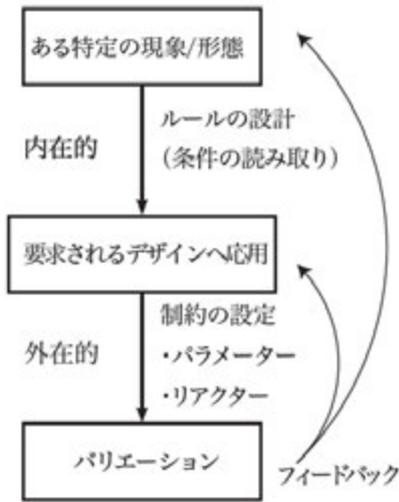
コンピューテーションの思考の目的は、デザインをする上でその概念、過程、見通しの3つの様相で多角的かつ包括的に導き出すことにある。コードといったプログラミングによ

る内在的ルールとパラメータの操作などによる外的な圧力による数値によって明確に決定された検証可能な明瞭な形がコンピューテーショナルデザインで生まれた。内在的ルールとは、緩やかに決められた具体的に埋め込まれた形を含み、外在的操作はパラメータの数値を変化させたりリアクターなどを付加したりすることに当たる。この思考を基礎に筆者独自に設計方法の流れを整理した。分析または設計の見通しの様相で、分析または構想の対象となる現象あるいは形態を分析することで内包されるルールを導き出し、それらのルールを条件として、適応するデザインの対象に応じて制約を設定していく。制約は、パラメータの変化や、リアクターの設定などによるもので、設計者が独自に設定する可変的な数量であり、この数量を変化させることで条件を満たした多くのバリエーションをつくりだすことができる。作り出されたバリエーションの結果から設定した条件自体や制約の有効性を再検討し、フィードバックを繰り返す。この設計方法によって線形的ではない、非線形的な設計手法が生まれ、より複雑な関係性から多くの条件を多重的に満たす設計が可能となる。筆者はこの手法を“統合的多層的アルゴリズム (Synthetic multi layered Algorithm)”と名づけ、その手法をもとに地下避難空間のシステム設計をしていく。

^{1*}スイス連邦工科大学 MAS (Master of Advanced Study)

^{2*}神戸大学工学研究科教授

図1. 設計手法の流れ



2. 調査

2. 玉葱小屋の配置のアルゴリズム的分析

2.1 玉葱小屋の概要

玉葱小屋は玉葱の収穫後につるし干し乾燥・熟成・貯蔵を目的とした小屋である。玉葱小屋は建築基準法からみると3方向以上が壁や窓などで囲まれていないため建築申請が不要である。そのため、土地の制約から解放されており所有者が各自好きな位置に小屋を建ててきた歴史がある。その結果、様々な条件や要件の変化によって玉葱小屋を自由に立地や大きさを変えている。例えば、玉葱の運搬や生産過程で機械を使用するようになり幅の寸法が拡大したり、玉葱の甘みが乾燥させることで増すことがわかり風通しの良い場所に設置されたりと歴史とともに変化しながら最適な形へと変化している。これは、蟻のコロニー最適化に見られる生物的なアルゴリズムに近似していると考え、玉葱小屋の配置ルールに着眼点を置き、アルゴリズムの設計手法を用いて分析することを試みた。

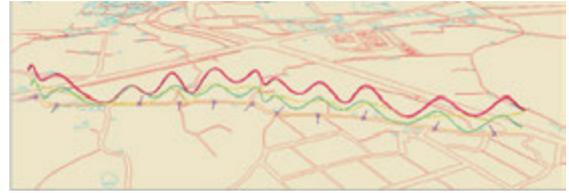
2.2 玉葱小屋の配置のアルゴリズム的分析

設計手法の流れである、ある特定の現象/形態が今回は玉葱小屋の配置であり、ここに内在する配置ルールを景観という着眼点からシークエンスとビューの2つの視点で読み取る。これによって配置ルールをつくるための条件と制約を見つけることが目的である。

2.2.1 線的分析

玉葱小屋の配置が分岐点の付近及び道の曲率に依存しているというルールを配置から読み取った。そのルールを条件として、制約を設定していく。分岐点の位置と最終的に玉葱小屋の位置としての二つのランダムシードを変えていくため、これが制約となりバリエーションを作成することが可能である。

図2. 線的分析の結果



2.2.2 面的分析

ビューとしての静的な景観景観としての分析をする上で実測調査の玉葱小屋の位置を利用してメッシュをつくる。その際に相互における距離関係と、可視性の二つに区別して面的な位置関係を分析していく。

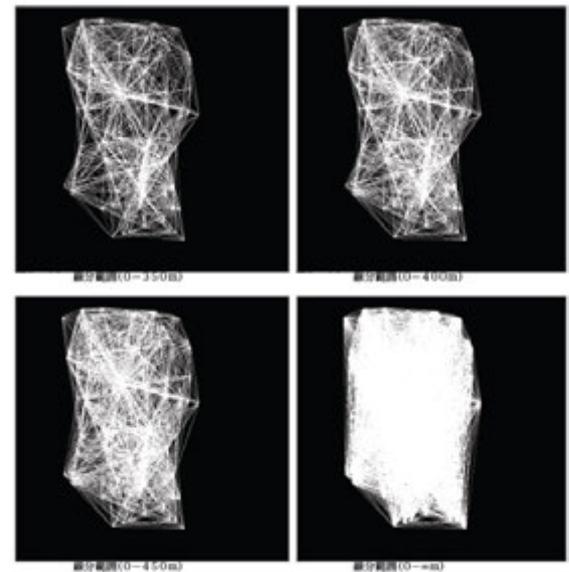
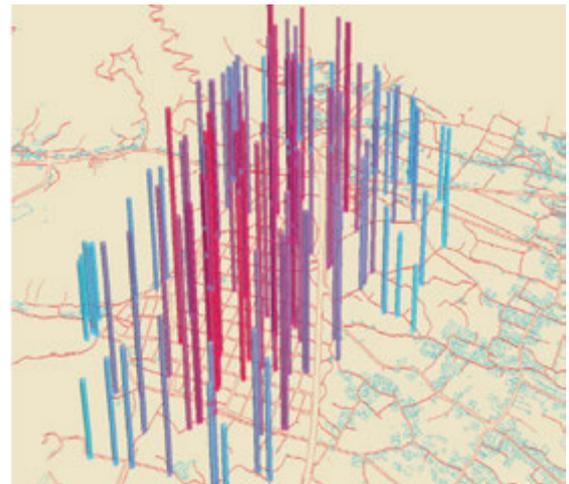


図4. 面的分析の結果(可視性)



3.2.3 玉葱小屋の配置の形成

分析で作ったシステムによって玉葱小屋の配置パターンを線のと面的の両方の方法からつくる。新たにつくった配置のパターンの形成する線の長さの分布図と既存の玉葱小屋の

配置からの分布図を比べることで既存のものを最適とした際の最適度を分析することができる。線的分析から得たバリエーションの結果の多くは実際の配置に近いことが分かり、線的分析の読み取りが正しいことが立証された。面的分析からは、最適度がパターンによって異なり、最適なものを得るには無数のパターンからコンピュータで探してもらう必要がある。

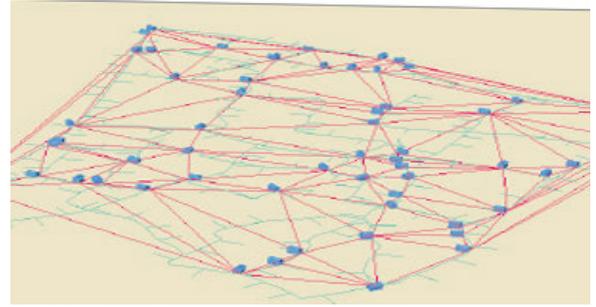
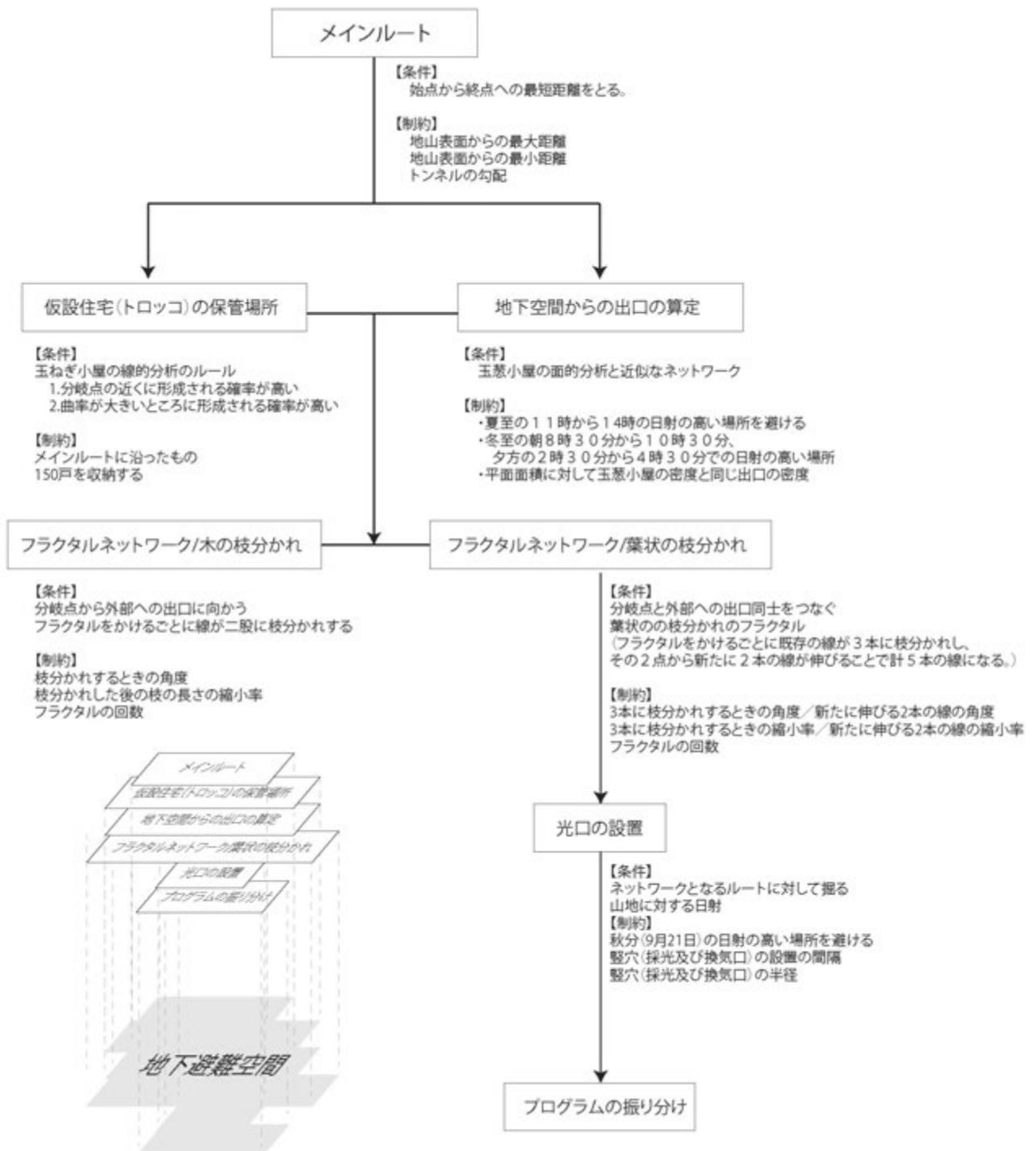


図5. 線的分析から得たルールによる配置パターン
図6. 地下避難空間の最適化のシステム構成図



3. 計画

3. 多層アルゴリズム (Synthetic multi-layered Algorithm)

多くの評価軸をもって最適な解を探すアルゴリズムによって地下避難空間を最適化するシステムを構築する。

3.1 地下避難空間の提案

災害時に速やかに安全な場所へ移動するための避難通路と避難生活を営むための地下空間を設計している。対象敷地は山地に囲まれるような地形になっているため山地にトンネルと高台に向かって避難経路を掘削する。避難通路を計画することで、漁業従事者や住民が住み続けることができる。地下空間の特徴を活かし食料貯蔵やエネルギー貯蔵、発電といった自律分散型拠点を構築することで地域の総合的な防災力を向上させる役割を果たす。

3.2 システムの設計方法

提案の構成要素であるメインルート (避難経路)、仮設住宅 (トロッコ) の保管場所、ネットワーク (歩行通路)、地下空間から山地外部への出口、通風及び換気口、ネスト (空間) の6つの要素を各要素について条件と制約を設定し、制約の設定を変化させることでバリエーションを変え、条件に最も適したパターンを選出することで統合的かつ、多層的な地下避難空間のシステム構築を行った。このすべて過程でコンピュータに設計者である筆者の意図をコード化して伝えることで形を生成している。地下空間の機能としては、大きく3つに分けられる。住民が普段使う日常としての機能と、災害時の際の防災の機能、またこれら二つを支えるエネルギーとしての機能である。災害時に備えつつ、地下の特性を活かし文化機能や研究機能を取り込むことで環境エネルギー面でも自然エネルギーを利用した持続可能なエネルギー社会を実現する可能性を担っている。これらのプログラムから包括的な地域の活性化を防災の観点を通して促進することを目的としている。

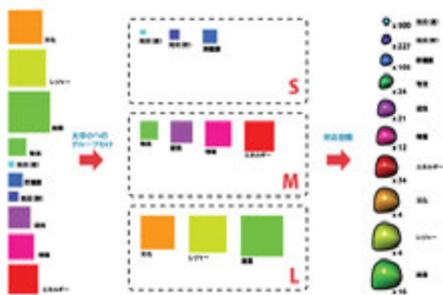


図7 機能別プログラムの振り分けの図

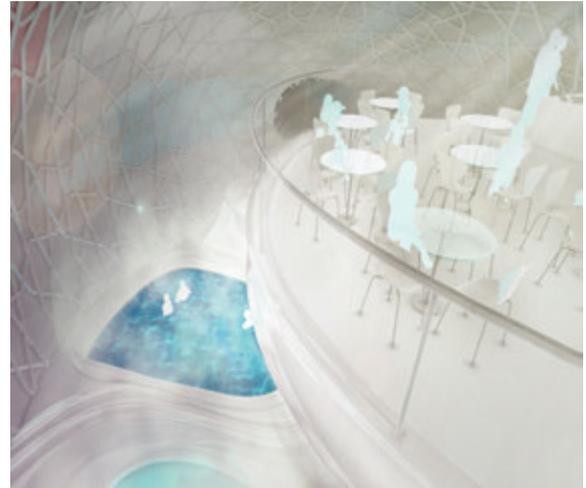
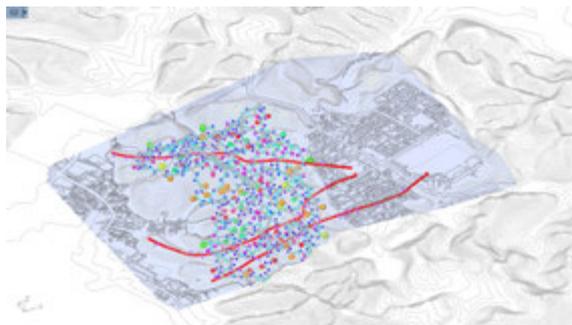


図8 地下避難空間の日常利用例

3.3. 建設方法

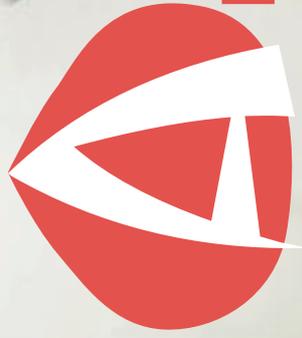
今回の敷地の地質条件上、山岳工法のNATM工法、機械掘削方式、ショートベンチカット、レール式に補助工法AFG工法と設定する。

4. 結論

アルゴリズム的な手法を用いた結果、論理的な設計により、多義的な問題解決がなされた計画物の作成に成功した。コードを使って、幾何学的、もしくは数学的に形態を操作するため、相互関係による設計が可能であり、その設計したものを変更する際も、どの部分の設計過程で変更を加えなければならないかを論理的な思考とともに行うことができる。その変更によって、一から設計をし直す必要がないため、フィードバックがしやすく、このフィードバックを繰り返すことで線形的な関係性ではなく、重層的な関係性の構築が可能であった。また、人間が可能な計算量や作業量をはるかに超えた量をコンピュータによって行うことができるため、より多くのパターンのバリエーションを検討することが可能となり、最適な形に近づくことができたといえる。

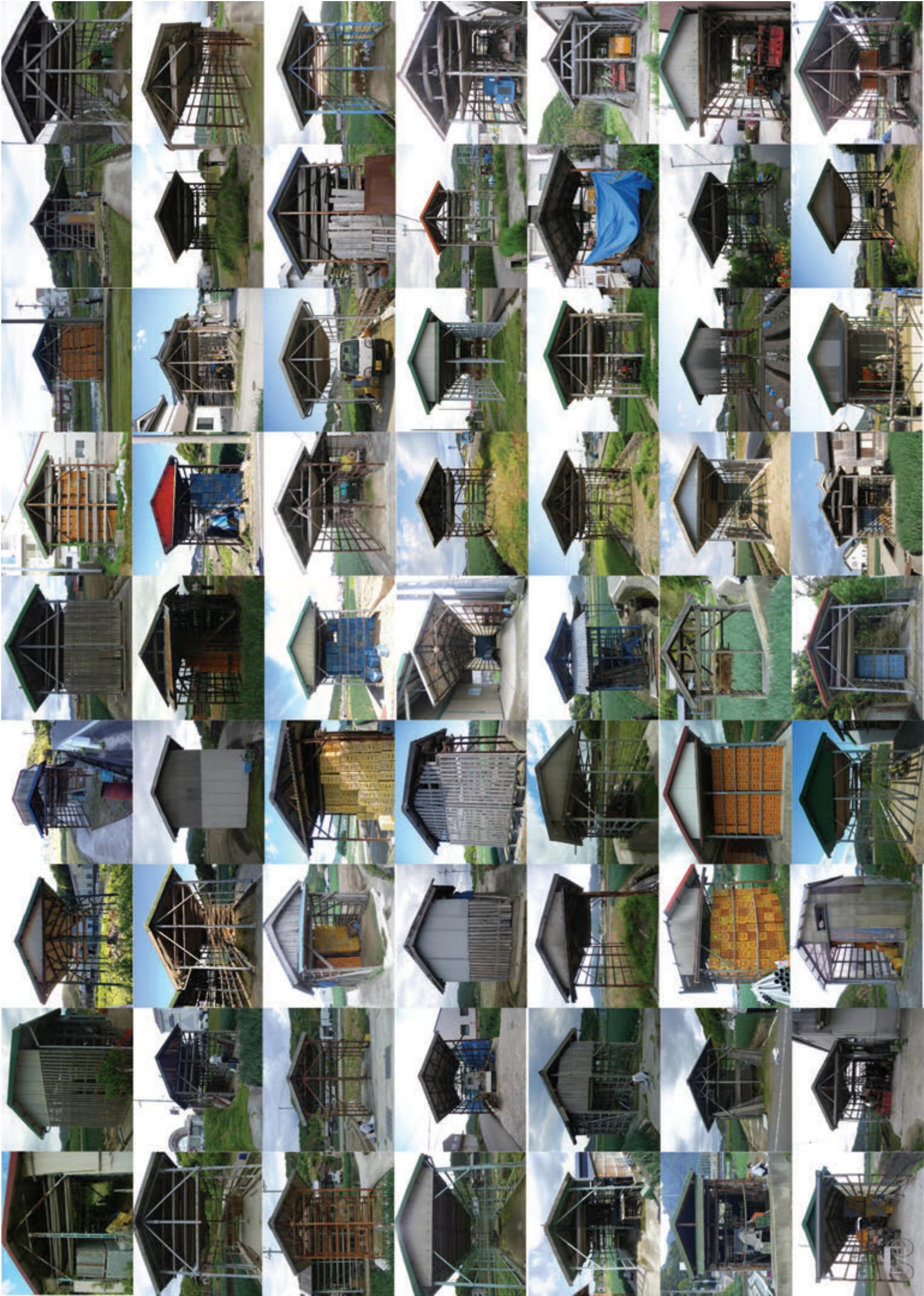
参考文献

- [1] 渡辺 誠, 建築は、柔らかな科学に近づく—INDUCTION DESIGN/進化設計論, 建築資料研究社 (2002)
- [2] フィンランドトンネル協会 (三井 康司, 亀井 紀幸, 藤川 富夫 訳), ロックエンジニアリングと地下空間, 鹿島出版会(1990), p23-105
- [3] コスタス・テルジディス (田中 浩也, 荒岡 紀子, 重村 珠穂, 松川 昌平 訳), アルゴリズムック・アーキテクチャ, 彰国社(2010)
- [4] 日本建築学会, アルゴリズムック・デザイン—建築・都市の新しい設計手法, 鹿島出版会(2009)
- [5] Achim Menges, Sean Ahlquist, Computational Design Thinking: Computation Design Thinking, Wiley (2011)



AN EVACUATED UNDERGROUND CITY





2. プログラミング

6つの異なる要素をできるだけ総合的に満たす計画にするためにプログラミングで経路と空間をシミュレーションしながら、システム設計を行う。

