

# 建築熱システム及び都市気候連成シミュレーションのためのコンピュータソフトウェア AUSSSM Tool の開発

# DEVELOPMENT OF ADVANCED COMPUTER SOFTWARE, AUSSSM Tool, FOR A COUPLING SIMULATION WITH BUILDING THERMAL SYSTEM AND URBAN CLIMATOLOGY

谷本 潤 \*1      萩島 理 \*2  
シムクライ パリチャート \*3

Jun TANIMOTO \*1      Aya HAGISHIMA \*2  
Parichart CHIMKLAI \*3

## キーワード:

コンピュータソフトウェア, GUI 指向, 改良・建築・都市・土壌連成系モデル, ヒートアイランド

## Keywords:

Computer software, GUI oriented, Revised-AUSSSM, Urban Heat Island

Authors have studied on Revised Architecture-Urban-Soil Simultaneous Simulation Model, *Revised-AUSSSM*, for last couple years, which is a comprehensive frame to estimate the Urban Heat Island (UHI). In the field of urban climatology related to building scale, a demand for a practical frame to estimate UHI has become significantly among urban planning practitioners, architects, engineers and so forth. *AUSSSM Tool* was developed amid this kind of background. *AUSSSM Tool* has three child programs, *Simulator*, *PostGraph* and *Viewer*. *Simulator* works as a preprocessor for data input and a solver based on the *Revised-AUSSSM*. *PostGraph* provides wide variety of schematic expressions for results. Those two work altogether in order to run the simulation solver. Whereas, *Viewer* goes stand-alone, which provides stages to see a set of results coming from a compact database to confirm various factorial effects on UHI. The results are solved previously based on the Design of Experiment Theory. *AUSSSM Tool* was developed within a concept of entire GUI. *AUSSSM Tool* is opened on our web site, then anyone can download not only an executable package but also every source code for the *Revised-AUSSSM* written by Fortran and the interface part by Visual Basic.

## 1. 緒言

建築都市環境工学におけるコンピューター利用は、1970年代の動的熱負荷計算に始まり、最近の計算機性能の驚異的発達を背景にした乱流数値シミュレーションの隆盛に至るまで、既に多くの蓄積がある。コンピューターシミュレーションそのものは、研究から実務に至るまで、定着した技術となっている。コンピューター利用といっても、ただ単にソフトウェアを使うだけのものから、自らプログラム開発を行う人まで様々な立場があり得る。研究が実務かと云う指向の違いもあるだろう。前者についていうと、プログラム開発は研究を進める上での手段に過ぎず、あくまで最終的な論文をもって成果とする向きが一般的であるように思われる。もちろん、それはそれで一面の真実であるのだろうが、プログラム開発行為やコードそのものも、大切な成果物の一端であり、研究者間で共有すべき知的財産と認識してもよいのではないかとと思われるのである。事由は以下に述べる通りである。

研究レベルと実務レベルで必要とされる情報があまりに乖離してしまった現下、研究者に論文指向、実務家には設計指向が primary な社会的要請として認識されている以上、基本的には両者の溝を埋めるのは困難との悲観論にも遭着しかねない。卑近な喩えを敢てすれば、研究者が

紡ぎ出す難解な数式や結果の一表現に過ぎぬ膨大な図表をもって示されても、日々の実務にはまるで役に立たないとの現業技術者の嘆きはよく耳にするところであろう。設計者は「環境工学研究者は実務にはまるで使えない結果しか示していない」と難じる一方、研究者にすれば、彼らが望む実務に役立つ成果なるものは研究成果即論文というベクトルからみればまるで逆向きの行為に映るのであり、この決定的齟齬が両者に存在する現実に向き合えぬ以上、口端で実務に役立つ環境工学の成果と云い、妙案は浮かんでこないように思われるのである。

しかし、一定の制約のもと（例えば、設計思想、構造、アルゴリズムに創見がある etc）でプログラム、コード、ソフトウェアを研究上の磁気情動的な成果とみなす立場を許容するならば、研究、実務の相反した指向ベクトルを双務的な関係に正すことができるかもしれない。長大なプログラムによる莫大な計算結果がいく葉かの図表に表されていても実務上使えない情報であるならば、双方にとって誠に遺憾な事態であろう。

このような背景から、著者の研究室では、過去数年来、いくつかの実作を通じて、研究と実務を繋ぐ有機的コンピューター利用技術のあり方を模索してきた。教育ツール用の ET\_AEE[1]や Angle Factor の Web 上での公開、IEA SH&C Task23 の活動一環として行われた省エネビル

\*1 九州大学大学院総合理工学研究院・助教授・工博 \*1 Associate Prof., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ., Dr. Eng. (〒816-8580 春日市春日公園 6-1)

\*2 九州大学大学院総合理工学研究院・助手・工博 \*2 Research Associate, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ., Dr. Eng.

\*3 九州大学大学院総合理工学府・博士課程・工修 \*3 Doctoral Candidate., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ., M. Eng.

設計代替案意思決定支援ツール MCDM-23 の開発[2]がそれらである。

筆者は、研究と実務とを繋ぐ接点の役割を担うものとして、コンピューター利用技術に極めて大きな可能性を見ている。就中、都市環境の分野では、建築環境工学、設備工学ほど差し迫った実務上の顕在需要がこれまでなかったため、都市再生、都市環境問題への社会的注目が増しつつある現下のコンテキストの中では、一層、研究者の成果物と実際の都市環境設計とをいかにして繋ぐかが焦眉の急と認識され始めている[注 1]。一部に先進的試み[3]はなされているものの、全体を俯瞰すれば長足の一步を漸く踏み出したと云うところではなからうか。

また、Windows の技術的進歩に後押しされて、研究エッセンスをただ単にツールと云うコンプリートプログラムに纏め上げてしまうのではなくて、例えば言語依存性の障壁克服を視野に入れ、クラスライブラリとして整備していこうと云う提案もある[注 2]。少々概念は異なるが、EnergyPlus などは、パーツのモジュール化を徹底的に図ることでツール全体の機動性、汎用性を上げることが思想の根底にあるように思われる[注 3]。米国は国家を上げて EnergyPlus の開発に取り組んできた感があるけれど、そこに我々は、組織的な体制でもって良いものをこしらえれば、世界、就中、文化圏を同じくする欧州が大きなマーケットとして見えてくる、という彼らの戦略的慧眼を垣間見るのである。入出力フォーマットの公開により、サードパーティへのプリ・ポスト処理ツール開発需要を喚起しよう、との戦略にもしたたかさを感じる。

他分野に目を転じれば、ツールをキーワードにしたコンピュータ利用は、きわめて多元的スコープの元に押し進められているように感じる。例えば、計算機科学、情報工学、応用数理学、経済物理学の学際領域である複雑系科学を取り上げると、ここ数年の hot issue に「人工市場」が上げられるが、彼らが謂うツールとは我々がイメージする半端なものではないことに驚嘆の念を禁じ得ないのである。ネットワーク、クラス、独立スレッドなどあらゆる概念機能を駆使して、すべてのシステム環境を構築することが彼らの謂う「ツールの構成」である。例えば、ネットワーク上で先物取引を模擬した人工市場を構築し、その上で Visual Basic に類したプロシージャーで記述された互いのプログラムを競い合わせるなど[注 4]がごく当たり前のように組み込まれており、複雑系経済学のプラットフォームである以前に経済学や情報科学系の学生の教育用プラットフォームを提供している[4]その被写界深度の深さ、その先進性に唯々驚嘆させられるのである。

以上、本報告に関連する重要な主張ゆえ敢えて紙面を割いて纏々の前段を述べたが、管見を小括してみると以下の如くなるだろう。すなわち、分野における計算機利用の浸透度、我々に求められているのが研究と実務との膠着である点を思量するなら、当座は各研究者が自己の研究知見を使い勝手の良いコンプリートプログラムにしてストックしていくことが今 primarily になすべきことで、同時に分野としてツール化の営為を正しく評価することが必要である、ということである。

本稿では一連のツール化実作の一例として開発した AUSSSM Tool について報告するものである[5]。これは、幣研究室が数年来手掛けてきた都市高温化要因の構造的、定量的解析手法の粹組み、改良・建築・都市・土壌連成系モデル (Revised Architecture-Urban-Soil Simultaneous Simulation Model, Revise-AUSSSM)[6]をベースとしたコンピューターツールである。

## 2. 開発ターゲット

Revised-AUSSSM では、大きく建物、大気、土壌のサブモデルから成り、それぞれが例えば建築伝熱システム、設備システム、土壌、芝生植栽、キャノピー内放射精算システムと云った更なる subordinates から構成されている。最大の特徴は各サブモデルの精度や計算負荷のバランスに配慮しながら、都市気温に影響を及ぼす因子をできる限りもれなく考慮している点にある。

- AUSSSM Tool では、具体的に以下の使用形態を想定して開発された。
- (1)都市気候の専門家が、メソスケールモデルへ付与する境界条件となる接地層上端における顕・潜熱フラックスの構成やその起源を要素別に子細に検討する。
  - (2)建築設計者や開発者が、設計パラメータがヒートアイランドに及ぼす効果を簡便に検討する。
  - (3)行政担当者が、都市計画上の施策とヒートアイランド緩和策との定量的関係を簡易に検討する。

## 3. 特徴

AUSSSM Tool は、Urban Climatology 専門家から実務家まで幅広いユーザーを対象としている。

そのため、ツール設計上の特徴の第一としては、入力データのデフォルトおよび Help 機能の充実に配慮し、ユーザーフレンドリーな GUI を目指している点が上げられる。

また、次章で述べるように、機能を大きく 2 つに分け、結果の要求精度に応じた使い分けが可能ないように配慮されている点が第二の特徴。

第三は、ソースコードを含むビルドファイルを全公開し、Web 上で世界に向けて広く情報発信するため、ツールの全ては英語で作成されている点である。ツールそのものの使用ではなく、例えばソースコード中の一部サブルーチンを流用する研究者の便宜を想定するなら、ソースコードの公開は、研究者間での知識共有のためには重要かつ必須の項目である。

## 4. 基本構成

AUSSSM Tool は図 1 に示すように、3 つの child process である AUSSSM Simulator、AUSSSM PostGraph、AUSSSM Viewer からなる。

AUSSSM Simulator は、任意の条件下で都市気温の数値予測を行う。Revised-AUSSSM の理論構成手法がそのまま適用され、Fortran でソースコードされた実行プログラムが shell call される。これは、主に専門研究者、ヒートアイランド緩和工法の開発者などの利用を想定している。なお、計算時間は最新スペックの Pentium マシンで 1 回の実行に 20 分程度を要する。処理の流れは、計算条件の設定、ソルバーにおける数値計算、出力ファイル (.opt ファイル) の吐き出しの順である。

AUSSSM PostGraph は、AUSSSM Simulator による計算結果をグラフィック表示し、印刷機能を提供するフレームである。また、計算結果をコンマ区切り出力ファイル (CSV ファイル) に出力する機能もサポートしている。

このように、AUSSSM Simulator と AUSSSM PostGraph は、一体的に機能する。無論、過去の出力ファイルを見るためだけに、AUSSSM PostGraph を実行することも可能である。前者がプリ処理機能とソルバ

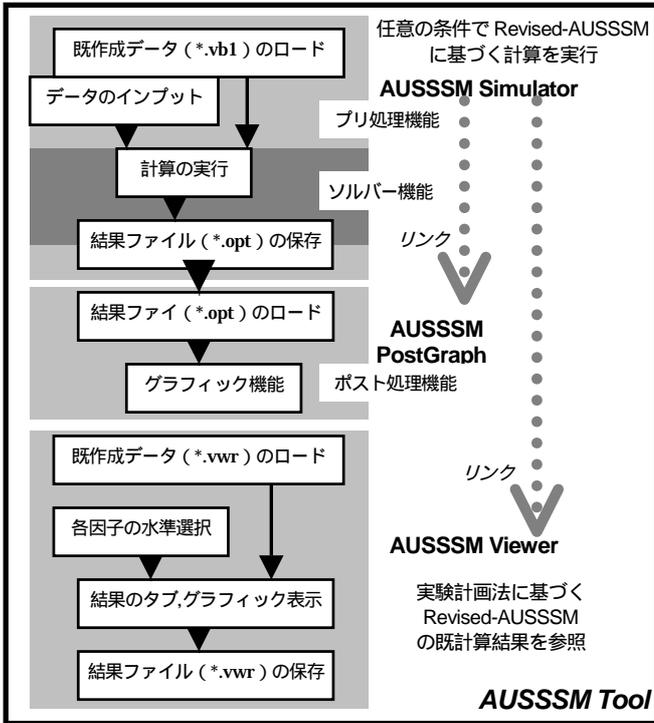


図1 AUSSSM Tool の基本構成

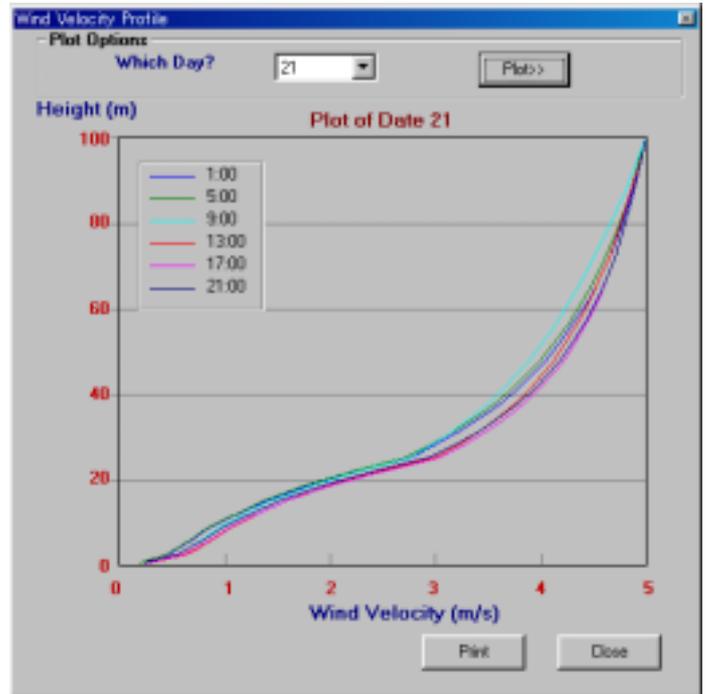


図3 AUSSSM PostGraph 風速プロファイル表示例

一機能、後者がポスト処理機能を担っている。

これに対し、AUSSSM Viewer では、エネルギー消費、地表面被覆状態、建物形態など Revised-AUSSSM が想定している都市高温化 12 因子について、あらかじめ水準を決めた数値実験（直交表  $L_{243}(3^{12})$ ）を用いた実験計画法）をしており、この結果をデータベースとして参照することで、任意の因子水準の組み合わせ条件下における都市気温、排熱量、接地層上端フラックスをはじめとする諸項の日平均、日最高値など 48 の特性値を比較検討するツールである。ユーザーが再計算を行う必要がないため、瞬時に、多数の条件下の計算結果を見ることが出来る点がメリットである。

なお、AUSSSM Simulator から AUSSSM PostGraph および AUSSSM Viewer へはリンクが張られている。

## 5 . AUSSSM Simulator

入力データとしては、(1)一般入力条件 (General Condition)、(2)気象条件 (Meteorological Data)、(3)空調システム関連入力条件 (COP Consideration) の 3 フェーズがある。

(1)は、建物形態および配置、キャンピー構成面日射吸収率、窓面積率、自然地被(土壌および芝地)率および人工地被率、内部発熱量および換気量、空調設定温湿度条件、建物構成材料熱物性値、土壌の水分子物性値などからなる。(2)は上端の境界を付与する高さ 100m の接地境界層高さにおける温湿度、風速、日射量、雨量の時刻別データであり、default は東京のデータである。また、(3)では空調システムの熱源組み合わせ、ユーザー定義システムの COP と排熱方式(顕熱、潜熱で廃棄する割合)が定義できる。dialog には既に 14 種の空調システムが定義されており、default は空気式ヒートポンプ、ターボ冷凍機、吸収式冷凍機が 30%、31%、39%で shear する。図2に(1)General Condition の dialog を示す。

以上の条件設定を終えた後に、Solver による計算を実行させ、結果は拡張子.opt のファイルに出力する。また、条件設定も拡張子.vb1 のファイルに保存される。

## 6 . AUSSSM PostGraph

AUSSSM Simulator で出力として吐き出された拡張子.opt のファイルをロードし、特性値表やグラフおよびコマ区切りデータ出力をする。グラフは、都市大気温度の時変動および鉛直プロファイル、風速および湿度の鉛直プロファイル、壁体およびガラス表面温度、建物からの排熱量、土壌と芝生、降水直後の人工地被等からの蒸発量、キャンピーを構成する各部位の表面温度、キャンピー層上端における放射熱収支、キャンピー層上端における顕熱(要素別)、潜熱(要素別)、伝導、顕熱排熱および潜熱排熱各成分収支などである。また、特性値とは、AUSSSM Viewer のそれと同様、地上 1.2m およびキャンピー全体における気温、接地層上端における顕熱フラックス、潜熱フラックスの日最高、日最低、日平均値に加

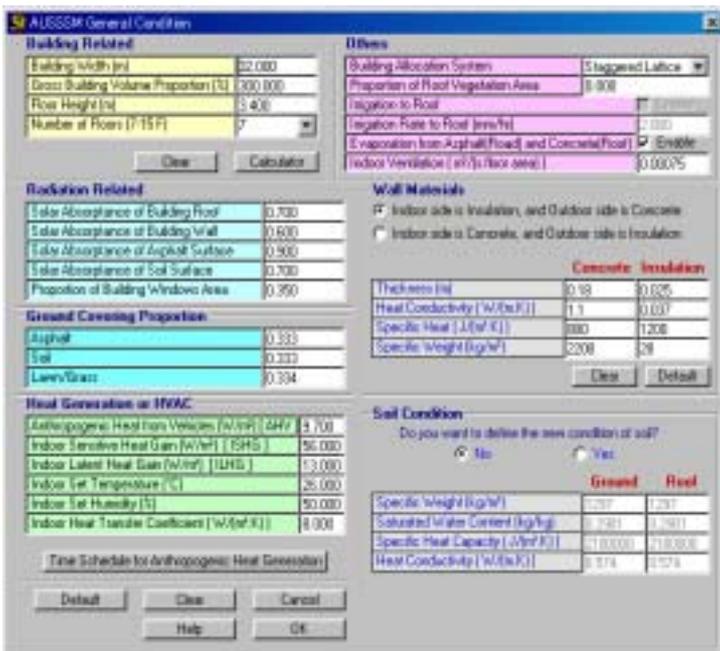


図2 General Condition 設定画面

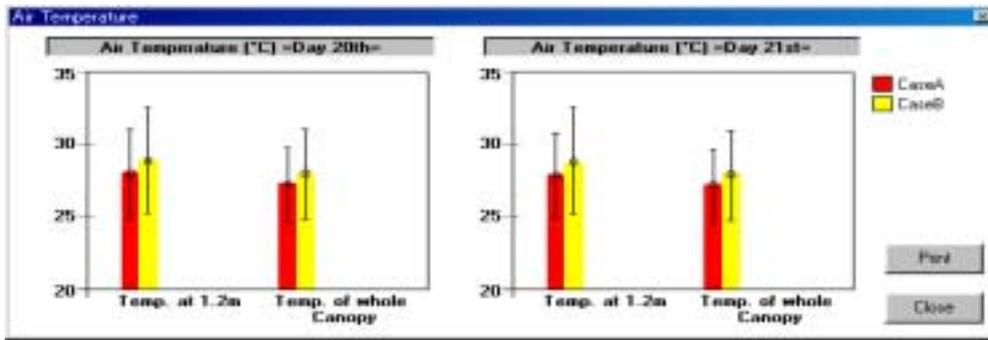


図4 AUSSSM Viewerの結果表示例

え、建物室全熱負荷、空調システムからの顕熱排熱、潜熱排熱、全熱排熱、キャンピー層上端における正味放射、顕熱フラックス、潜熱フラックスの日最高、日平均値からなる。風速プロフィールを図3に示す。

## 7. AUSSSM Viewer

Revised-AUSSSMを適用して、直交表 $L_{243}(3^{121})$ に12主効果25交互作用を割り付けた数値実験を行い、周期定常解を示す20日目(降水日前日)および21日目(降水直後日)の特性値をデータベース化しておき、ユーザーは各因子の水準を決めることで、この結果を瞬時に見ることが出来る。地域は東京である。12因子の各水準は現在の東京を想定したもので、12因子以外のパラメータも同様に東京を想定した標準的な設定としてある。詳細は[7]を参照されたい。サンプルファイルにあるCASE AとCASE Bの気温の比較結果を図4に示す。

## 8. Help

AUSSSM Simulator および AUSSSM PostGraph と AUSSSM Viewerの2つのHelpファイルからなる。前者が2.7MB、後者が0.9MBと大容量なのは、画像ファイルを多用し、ジャンプ、ポップアップの機能を駆使しているためである。なお、前者のファイルには、Revised-AUSSSMの理論構成の詳細およびこれを適用した数値実験、就中、実験計画法を用いた数値実験について詳述が施してある。図5にHelpの一例を示す。なお、HelpファイルはRoboHelpで編集、コンパイルした。

## 9. Installation

Shieldファイル容量は8.7MBである。これをインストールすると、default設定ではユーザーPCのCドライブにあるProgram Filesに10.1MBのAUSSSM TOOLディレクトリが作成される。ソースコード、サンプルファイル(AUSSSM PostGraph および AUSSSM Viewer用の2つ)、実行ファイルなど全てのファイルは、このディレクトリ内に作られるサブディレクトリに格納される。

## 10. 結言

Revise-AUSSSMを適用したヒートアイランド予測評価コンピュータツールAUSSSM Toolの開発概要について報告した。AUSSSM Toolはソースコードを含めた完全オープンフリーソフトであり、誰でも弊研究室webページ

(<http://ktlabo.cm.kyushu-u.ac.jp/>) から shield ファイルがダウンロードできる。

### 【謝辞】

本研究の一部は、科研費(若手(A)14702047・谷本潤)大林都市研究振興財団による。記して謝意を表する。

(注記)

\*1 例えば、日本建築学会地球環境委員会都市気候対策小委員会都市の熱環境計画WG(主査・成田健一・日工大教授)の活動

\*2 例えば、日本建築学会環境工学委員会熱環境小委員会伝熱WGクラスライブラリ

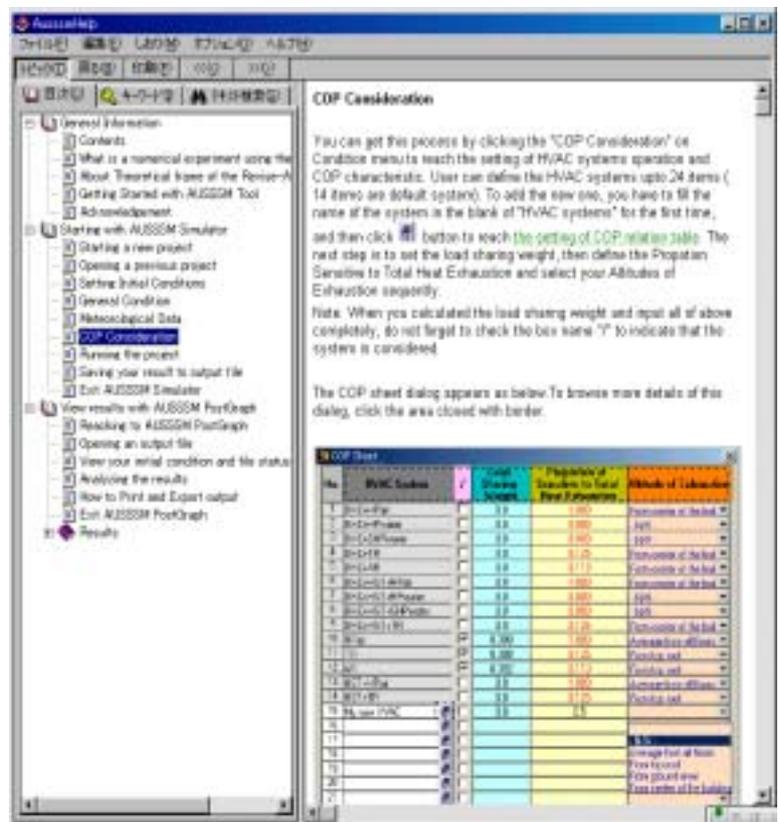
SWG(主査・松本真一・秋田県立大教授)の活動

\*3 [http://www.eren.doe.gov/buildings/energy\\_tools/energyplus/](http://www.eren.doe.gov/buildings/energy_tools/energyplus/)

\*4 U-Mart Project, <http://www.u-mart.econ.kyoto-u.ac.jp>

### 【参考文献】

- [1] 谷本潤, 萩島理, 片山忠久; 建築環境工学教育用コンピューターソフトウェア ET\_AEEの開発, 日本建築学会技術報告集 No.11, pp.165-168, 2000.12
- [2] シムクライバリチャート, 谷本潤, 萩島理, 片山忠久, バルコムダグラス, 省エネルギービル設計代替案の合理的意志決定手法 Multi-Criteria Decision-Making Method、MCDM およびそのコンピュータ支援ツール MCDM-23 の開発, 日本建築学会計画系論文集 No.555, pp.131-136, 2002.5
- [3] 森川泰成; 都市熱環境シミュレーション技術の実際への適用, 日本建築学会地球環境委員会都市気候対策小委員会合同シンポジウム「都市気候研究からの都市・建築計画への提言」, pp.36-44, 2000.6
- [4] 水田秀行, 山形与志樹; 国際排出権取引におけるシミュレーションとゲーミング, 電子情報通信学会技術研究報告 AI2001-68~81, pp.65-71, 2002.1
- [5] シムクライバリチャート, 片山忠久, 谷本潤, 萩島理; 建築・都市・土壌連成系モデルに基づく都市高温化予測評価 AUSSSM TOOL の開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学, pp.889-890, 2002.8
- [6] 萩島理, 谷本潤, 片山忠久, 大原健志; 改良・建築・都市・土壌連成系モデル(AUSSSM)による都市高温化の構造解析 第1報 モデルの理論構成及び標準解, 日本建築学会計画系論文集 No.550, pp.79-86, 2001.12
- [7] 萩島理, 谷本潤, 片山忠久, 大原健志; 改良・建築・都市・土壌連成系モデル(AUSSSM)による都市高温化の構造解析 第2報 数値実験による都市高温化要因の定量化, 日本建築学会計画系論文集 No.553, pp.91-98, 2002.3



# 省エネルギービル設計代替案の合理的意志決定手法Multi-Criteria Decision-Making Method、MCDMおよびそのコンピュータ支援ツールMCDM-23の開発

## A DEVELOPMENT OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHOD, MCDM, AND THE ASSOCIATED COMPUTER AIDED DECISION-MAKING TOOL, MCDM-23, FOR OPTIMIZATION OF LOW ENERGY DESIGN PROCESS

シムクライ・パリチャート\*、谷本 潤\*\*、萩島 理\*\*\*、バルコム・ダグラス\*\*\*\*、片山 忠久\*\*\*\*\*

*Parichart CHIMKLAI\**, *Jun TANIMOTO\*\**, *Aya HAGISHIMA\*\*\**,

*Douglas BALCOMB\*\*\*\** and *Tadahisa KATAYAMA\*\*\*\*\**

Within subtask C of International Energy Agency (IEA) Solar Heating&Cooling (SH&C), Task 23, there is an activity to develop a method and tool that will help design teams select one design alternative from two or three being proposed during the design process aiming more sustainable buildings. The method called MCDM (*Multi-Criteria Decision-Making*) and the associated computer aided tool, MCDM-23, have been developed to aid a design team at the critical point in the design process or to aid judges in making a decision in a design competition. Under the Task activity, the authors have devoted great effort to develop both MCDM and MCDM-23 backing a couple of years. In this paper, the wholistic frame of MCDM method and MCDM-23 procedure are reported to let Japanese Architects and engineers know.

**Keywords :** *Design alternative, Sustainable building, Multi-Criteria Decision-Making, Design process, Design competition*

設計代替案、サステナブル建物、多目的評価における意志決定、設計プロセス、設計競技

### 1. はじめに

地球環境問題との関わりの中で、建築物の環境負荷をどのように低減するかが危急の課題となっている。日本建築学会では、COP3を受けて、1997年「我が国の建物の耐用年数を3倍、新築建物のライフサイクルCO<sub>2</sub> (LCCO<sub>2</sub>)30%削減」の会長声明を発表し、現今、産学官を挙げて建築物の環境負荷軽減への取り組みが進められているのは周知の通りである。

このような地球環境問題の顕在化とその問題意識の高まりとともに、建築計画における設計者の環境意識の程度や設計プロセスの妥当性、将来的な建物の改修や解体・廃棄時における環境的配慮などの定性的な事項を含めて多角的に建築の環境性能を評価することの必要性が認識されてきた。これに対して、建築物の環境負荷を評価するフレームとして、LCCO<sub>2</sub>や建物環境性能に関する評価手法としてのLEED (米)あるいはBREEAM (英)など様々な既往研究が精力的に行われている[1]。中でも、カナダを中心とする国際共同研究Green Building Challenge(GBC)の枠組みで開発されてきた総合的な環境性能評価ツールであるGBTToolは、本邦において特に広く知られており、設計案に対する評価事例も多数報告されている[2]-[5]。GBCでは、各評価項目の得点に重み係数をかけ合わせて合計し、最終的には単一の総合得点として建物の環境性能の評価を行う。これにより従来まで、情緒的に評価される傾向にあった建物の環境性能の客観的評価が行われるようになっていく。

しかし、GBCをはじめとした現在の評価フレームには次の2点で限界がある。即ち、第1は多数の評価項目、例えば、エネルギー、CO<sub>2</sub>、水質汚染、廃棄物、室内環境などを定量化して、評価計算を行うのは、多量の作業や予算が必要となるため、環境配慮を設計当初から意識した話題性の高い建物以外での適用は期待しにくい点であり、第2はある程度設計が終了していないと総合評価の計算ができないため、評価して設計を修正するというフィードバックが困難な点である。

そのため、建築物の環境負荷低減を、より広範に達成するには、通常的设计段階において環境性能に配慮した合理的な意思決定を行うための枠組みが期待される。

このような背景のもと、筆者らは、設計者が邂逅するコストパフォーマンス、資源性、環境負荷、室内環境の質さらには意匠性など一面で背反するおそれのある各評価スケールを包括して、最終的な意思決定を行う上での合理的な方法論MCDM(Multi-Criteria Decision Making)の構築を行った[6]。MCDMは、既往的设计終了後の評価スキームとは異なり、設計段階で、設計者が、対象設計プロジェクトの仕様に応じる幾つかの選択肢(設計案)を比較検討し、その中から最も望ましい案を選定するための方法論である。手法としては、複雑多岐にわたる評価項目を俯瞰し、対象を単一の値に集約して評価するものであり、既往の建物評価フレーム、特にGBCの基本思想と通底するものといえる。建物の話題性、用途、規模に関

\* 九州大学大学院総合理工学研究部・大学院生・工修

\*\* 九州大学大学院総合理工学研究部・助教授・工博

\*\*\* 九州大学大学院総合理工学研究部・助手・工修

\*\*\*\* National Renewable Energy Laboratory, USA

\*\*\*\*\* 九州大学大学院総合理工学研究部・教授・工博

Graduate Student, Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ, M.Eng.

Associate Prof., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ, Dr.Eng.

Research Assoc., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ, M.Eng.

Research Fellow, Ph.D.

Prof., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ, Dr.Eng.

ならず、設計者・クライアントがこのMCDM方法論を実際に使用するためには、簡便性、汎用性を兼ね備えた、いわば、「電卓のようなツール」が不可欠であるため、MCDMの一連の計算をWindows上で完全にサポートするコンピュータツールMCDM-23の開発を併せて行っている<sup>1)</sup> [7]。MCDMの目的および特徴をGBC2000と比較して表1に示す。

本稿では、MCDM方法論および、それを実現するために一体不離のコンピュータツールMCDM-23の特徴について述べる。尚、以上のMCDMおよびMCDM-23の開発は、国際共同プロジェクトとして、IEA (International Energy Agency) SH&C Task23のSubtask Cの枠組の中で行われた<sup>2)</sup>。

## 2. 方法論 MCDM およびコンピュータツール MCDM-23

### 2.1 概要

MCDM では、設計時に建物設計案の選択肢が複数存在し、中から、コスト、資源性、環境性等の多目的評価項目を考慮しながら、最も望ましい設計案を決定する場面を適用対象としている。このような場面では、代替案中の客観的な比較が行い得れば十分であり、一連の思考プロセス、合意形成プロセスで on-site に使用できる軽快な比較評価フレームが望まれる。

設計プロセスにおける MCDM、MCDM-23 の位置づけを図 1 に示す。実際の設計時には、①設計ターゲット、評価項目の設定 (or 見直し) ②複数の設計代替案を上げる ③評価の上、最良案を決定、なるルーチンをサークル状に繰り返すことで、最終的決定案に至る場合が多い。図中の内側のサークルが前述の①から③に対応した MCDM におけるプロセス、外側のサークルがその MCDM のプロセスに応じた MCDM-23 における処理内容である。

MCDM-23 開発上の留意点としては、いわゆる、GUI (Graphical User Interface) に配慮した構成をとっている点が挙げられる。ここでいう GUI とは、図的表示によるユーザーフレンドリーな入出力機能という意味にとどまらず、あらゆるダイアログでデフォルト値を用意し、懇切丁寧な Help 機能を付加することを含み、これらにより、初体験ユーザーでも無理なく使える

ように配慮している。

### 2.2 評価項目および評価基準の設定方法

評価項目は、大段階である Criteria とその下部階層の小段階である Sub-criteria の 2 つの階層から成る。表 2 は MCDM-23 におけるデフォルトの Criteria、Sub-criteria であり、IEA SH&C Task23 の各国代表委員の承認のもとに採択された推奨項目である。なお、GBTool とは異なり、実際のプロジェクトの内容や検討する代替案の内容に応じて Criteria、Sub-criteria は柔軟に変更できるものである。人間の評価プロセスや比較能力からして、MCDM-23 では、Criteria、Sub-criteria 各々について 8 項目を上限としている。

意思決定プロセスの参加者である設計者、クライアント、使用者など様々なバックグラウンドを持った人々が容易に評価できるように、Sub-criteria ごとの評価の結果は、最終的に 4~10 点の定量的相対値である Score で表現される。

デザインの良し悪し、建築的機能の質などの定性的評価項目について

表 1 GBC と MCDM との主な違い

GBC2000/GBTool	MCDM/MCDM-23
①事後評価のためのフレーム	①設計代替案選定のためのフレーム
② 評価 構造 (Issues/Categories) の各項目は固定的である。	② 評価 構造 (Criteria/Sub-criteria) の各項目は自由に変更される。設計プロジェクト毎に異なるとよい。
③同用途のプロジェクトの地域・国際間の比較が目的である。	③最終的評価により、対象設計プロジェクト内の設計代替案の比較を行うことが目的である。
④その地域での標準的な建物 (Reference Building) との相対比較を通じて環境性能を評価する。比較結果は普遍的である。	④対象プロジェクト毎に比較の基準が異なるとよい。
⑤数多くの項目にわたって評価する	⑤設計業務の中で行う程度の作業である。

表 2 Criteria, Sub-criteria のデフォルト

Life cycle cost	Construction cost
	Annual operation cost
	Annual maintenance cost
Resource use	Annual electricity
	Annual fuels
	Annual water
	Construction materials
	Land
Environmental loading	CO <sub>2</sub> -emission from construction
	Annual CO <sub>2</sub> -emission from operation
	SO <sub>2</sub> -emission from construction
	Annual SO <sub>2</sub> -emission from operation
	NO <sub>x</sub> -emission from construction
Architectural quality	Annual NO <sub>x</sub> -emission from operation
	Identity
	Scale/proportion
	Integrity/coherence
Indoor quality	Integration in urban context
	Air quality
	Lighting quality
Functionality	Thermal quality
	Acoustic quality
	Functionality
	Flexibility
	Maintainability
	Public relations value

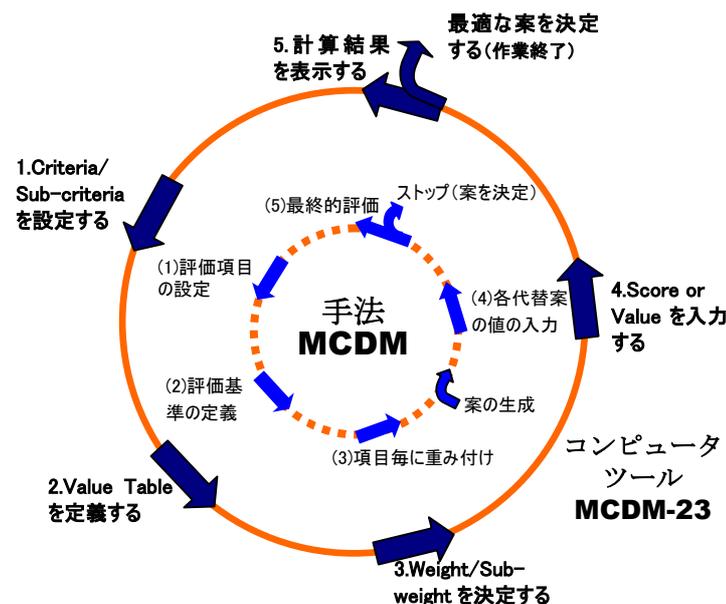


図 1 MCDM および MCDM-23 の流れ

は、意志決定プロセス参加者はその立場や主観に応じて、直接評点 (Score)を決める。図 2 に MCDM-23 における定性的評価項目に関する評点入力画面を示す。利用者は、4~10 点の Score、ないしは Score と対応付けられる Verbal scale で表された Judgement を付けばよい。

一方、エネルギー消費やコストなど、通常、定量的にその性能を評価する項目については、それら単位をもつ実値(以下、Value とする)と Score との対応関係、すなわち評価基準を参照して決定する。この Value と Score の対応関係を MCDM では Value Table と呼び、各プロジェクトごとに事前に設定しておく必要がある。MCDM では当該プロジェクトにおける各代替案の比較が目的であるから、Value Table の定義に普遍的基準は特に設けていない。

Value Table 定義の目安としては、Score=4 は建築コードなどで要求される最低限の基準、Score=10 は、例えば、世界的な高性能基準を想定すればよい。Value Table の定義は最終的な評価値を左右するため、その設定には細心の注意を要する。Value Table では Score と Value の関係に非線形性も許容している。年間エネルギー消費量に関する Value Table を例に、Value=130kWh/m<sup>2</sup> が、Score=7.5 に変換される様子を図 3 に示す。

### 2.3 重みの決定方法

Criteria間の重みであるWeight、Sub-criteria間の重みであるSub-weight の決定方法としては、AHPプロセスとGradingプロセスの2手法が想定されている。

AHP、すなわち階層分析法(Analytic Hierarchy Process)とは、一連の一对比較申告結果から、その主観申告の矛盾程度に配慮しつつ、巧みなベクトルマトリクス演算を通じて、申告の背後にある項目間の重要度を客観的に抽出する手法である[8]。AHPによる重みの算出は次式で表現される。

$$A \cdot w = \lambda \cdot w \quad \dots(1)$$

$$A = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ A_1 & a_{11}/a_1 & a_{12}/a_2 & \dots & a_{1n}/a_n \\ A_2 & a_{21}/a_1 & a_{22}/a_2 & \dots & a_{2n}/a_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_n & a_{n1}/a_1 & a_{n2}/a_2 & \dots & a_{nn}/a_n \end{matrix} \quad \dots(2)$$

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad \dots(3)$$

$A_1, A_2, \dots, A_n$  : 項目、 $a_1, a_2, \dots, a_n$  : 重要度(1~9の尺度で定義され、1=同じぐらいの重要度、9=極めて重要を意味する)、 $w$  は正規化個有ベクトル( $w_1, w_2, \dots, w_n$  : 各項目に対する重み、ただし  $\sum w_i=1$ )、 $\lambda$  : 最大固有値

$n$  項目間の重みを決める際に、 $n \cdot (n-1) / 2$  回の項目間の重要度の比較を行った結果得られるマトリクス  $A$  を(1)式に代入して、求められる  $w$  が、各項目に対する重みとなる。MCDM-23では、図4に示すダイアログによって(2)式における重要度の比  $a_1/a_7$  (もしくは  $a_7/a_1$ )を設定している。AHPプロセスは、計算の過程で算出される C.I. (Consistency Index) によって比較申告の内包する矛盾を排除することができるという利点を有するが、多数回の一对比較を行う必要があるため利用者のロードがやや過大となる。

対して、Grading プロセスとは、(n-1)回の単純一对比較により重みを決

定する方法である。実際には、Criteria、Sub-criteria 間で最も重要な項目を 10 とし、表 3 の Verbal scale に基づき、それとの一对相对比较を行うことで各項目の重要度を決める。(4)式に Grading プロセスによる重みの算出方法を示す。

$$W_i = \frac{I_i}{\sum_{j=1}^m I_j} \quad \dots(4)$$

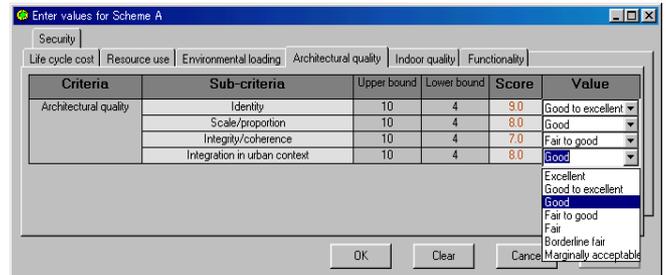


図 2 定性的評価項目に関する評点入力ダイアログ

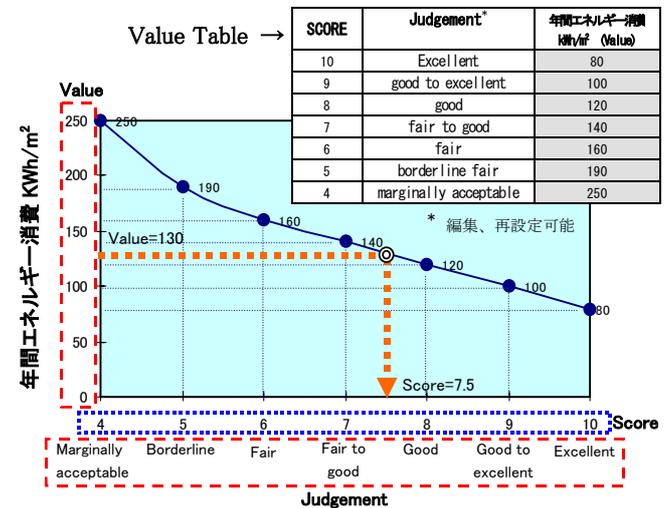


図 3 Value と Score との対応関係 - Value Table

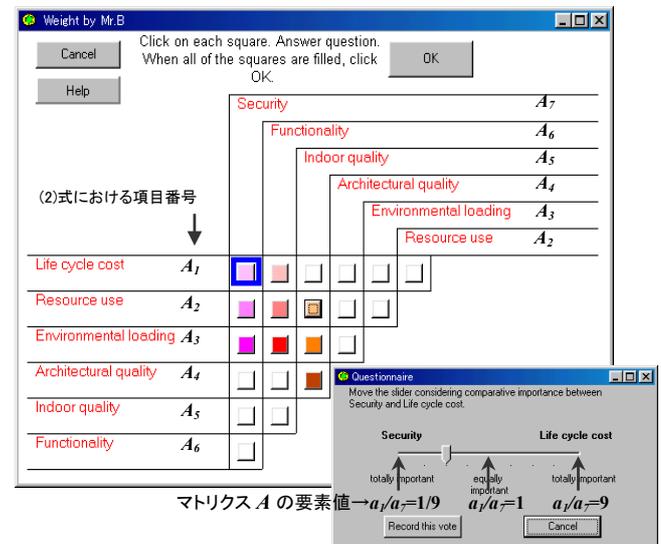


図 4 AHP プロセスのダイアログ

$W_1, W_2, \dots, W_m$  : 各項目の重み、 $I_1, I_2, \dots, I_m$  : 重要度、 $m$  : 項目数

MCDM-23 では、項目間の対比較を行うために、図 5 に示すダイアログを用意している。

なお、最終的加重の決定に際しては、複数の設計者やクライアントの個別の意向を反映することが可能である。図 6 は、MCDM-23 において Mr.Default、Mr.A、Mr.B の 3 者の重み候補値の算術平均値“Average”が採用されている状態である。

### 2.4 最終的評価の方法

各代替案の最終的評価値(以下、Overall Score とする)から最適な案を決定する。Overall Score は、Criteria ごとに Sub-weight と Score の積和をとって得られる Weighted Score(図 7 における Main criteria scores)を更に Weight と積和計算することで算出する。Score の下限値、上限値をそれぞれ 4、10 としているため、Overall Score の最低値、最高値もそれぞれ 4、10 となる。

なお、MCDM-23 では、計算結果は Worksheet(図 7)。Star Chart(図 8)、Stacked Bar Graph(図 9)など理解容易な形で出力される。

Star Chartは各CriteriaごとのMain Criteria Scoresをもとに、各設計代替案の長短所をレーダーチャート状に示したもので、内円は全てのCriteriaで評価最低となる状態を、最外の正多角形は全てのCriteriaで最高評価点となる理想的プロジェクトのパフォーマンスを示す。

Stacked Bar Graphは全ての代替案の Weighted Main ScoreとOverall Scoreを一括して図示したものである[9]。図8の例ではScheme Aが最も評価点が高い案である。

これらをもとに、設計者は設計案の見直しを図るなり、評価項目の練り直しを行い、それに応じて図1における「(1)評価項目の設定」以降のプロセスを繰り返すことになる。

以上のインタラクションにより、設計チームは、最終的な設計案を意志決定することが出来る。

### 3. まとめ

設計代替案の合理的意志決定手法 Multi-Criteria Decision Making Method、MCDM およびその支援ツール MCDM-23 について、既往の評価スキームと比較しつつ、その特徴に論究した。

MCDM は、設計段階で設計者が多数の設計代替案の中から、最適な案を決定するための意思決定手法である。その手法に沿って、実際に使われるコンピュータツール MCDM-23 が開発された。

MCDM、MCDM-23 は、2002 年のタスク終了後、全ての成果は IEA SH&C Executive Committee での承認を経て、出版公開される。MCDM-23 についてはソースコードを含めたプログラムの全面的公開が予定されている。

MCDM-23 の試用について、興味のある読者諸兄は、[tanimoto@cm.kyushu-u.ac.jp](mailto:tanimoto@cm.kyushu-u.ac.jp)まで連絡を頂きたい。

### 【謝辞】

IEA SH&C Task23 における本研究に関しては、工学院大学教授・宇田川光弘先生に多くの援助、指導を得た。記して謝意を表する。

### 【注記】

注1) MCDM-23は、Windows95/98を基本動作環境とする。プログラムに

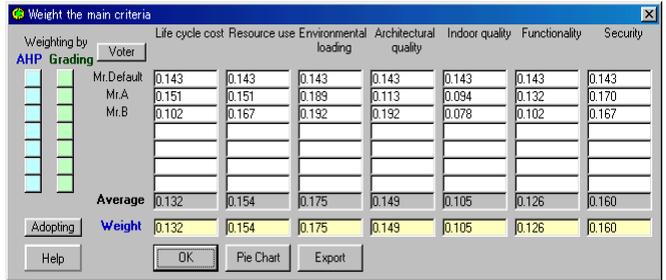


図 6 重み決定のダイアログ

表 3 Grading プロセスの重みスケール

重要度	Relative importance, compared with most important criteria
10	Of equal importance
9	
8	Somewhat less important
7	
6	Significantly less important
5	
4	Much less important

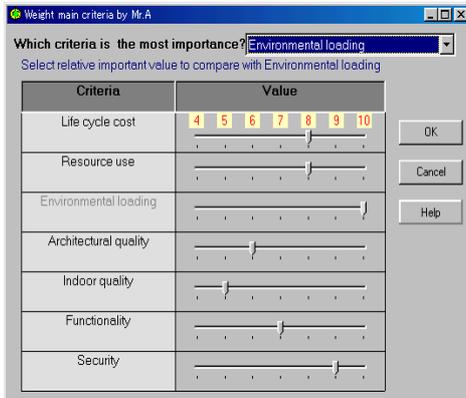


図 5 Grading プロセスのダイアログ

Main criteria	Sub-criteria	Sub-criteria Weights	Sub-criteria Values	Sub-criteria Scores	Main criteria scores	Main criteria Weights	Weighted Main scores
Life cycle cost	Construction cost	0.68	1500.0		8.78	0.132	1.16
	Annual energy cost	19.40	60.0				
	Annual maintenance cost	19.40	50.0				
Resource use	Annual electricity (kWh/m2)	0.20	120.0	7.3	7.00	0.154	1.08
	Annual fuels (kWh/m2)	0.20	80.0	6.3			
	Annual water (m3)	0.20	8000.0	7.0			
	Construction materials (Tons)	0.20	15.0	7.5			
	Land (hectare)	0.20	1.1	6.9			
Environmental loading	CO2-emissions from construction (ppm)	0.17	2.0	9.1	8.34	0.175	1.45
	Annual CO2-emissions from operation (ppm)	0.17	1.2	7.4			
	SO2-emissions from construction (ppm)	0.17	0.8	9.4			
	Annual SO2-emissions from operation (ppm)	0.17	2.1	7.5			
	NOx-emissions from construction (ppm)	0.17	1.2	7.6			
	Annual NOx-emissions from operation (ppm)	0.17	2.0	9.0			
	Architectural quality	Identity	0.35	9.0			
Scale/proportion	0.25	8.0	8.0				
Integrity/coherence	0.20	7.0	7.0				
Integration in urban context	0.20	9.0	9.0				
Indoor quality	Air quality	0.25	9.0	9.0	7.50	0.105	0.79
	Lighting quality	0.25	7.0	7.0			
	Thermal quality	0.25	8.0	8.0			
	Acoustic quality	0.25	6.0	6.0			
Functionality	Functionality	0.45	9.0	9.0	9.00	0.126	1.13
	Flexibility	0.15	10.0	10.0			
	Maintainability	0.25	9.0	9.0			
	Public relations value	0.15	8.0	8.0			
Security			8.0	8.0	8.0	0.160	1.28
<b>Overall score :</b>							<b>8.13</b>

図 7 Worksheet

ついで、本体部分のソースコードはVisual Basic 6.0、固有値計算のソルバーはFortranで、ヘルプはRoboHelpにより作成した。

注2) 参加 12 カ国は、Austria,Canada,Denmark,Finland,Germany,Japan, Netherlands,Norway,Spain,Sweden,Switzerland,USA。日本代表委員は、工学院大学・宇田川光弘教授と谷本。また、Balcomb はアメリカ代表委員である。

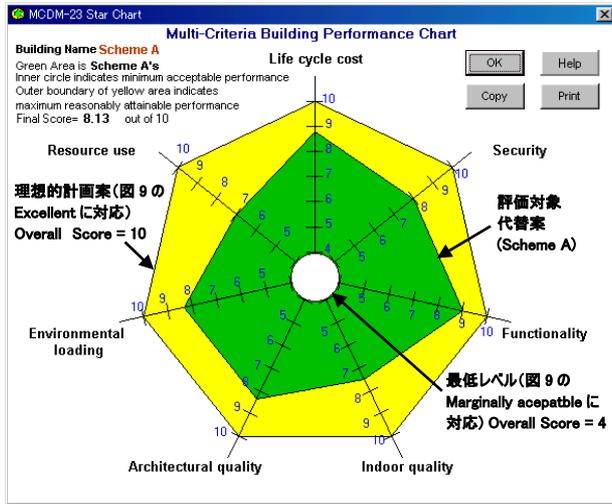


図 8 Star chart

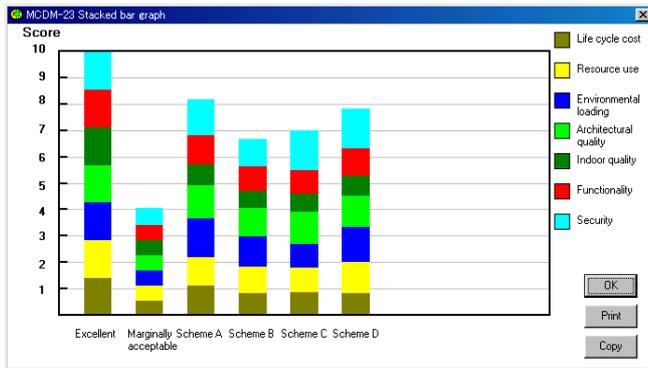


図 9 Stacked bar graph

【付録】 MCDM-23におけるValue Tableの設定方法

1. LCC以外のCriteriaの場合

初期画面のValue Tableメニューから設定したいCriteriaを選択すると、Value Tableの設定画面が表示される。Resource UseについてのValue Tableの設定画面の例を付図1に示す。

デフォルトでは、LCCを除く、全てのSub-criteriaは定性的評価項目として設定されている。定量的評価項目については、“Quantitative scale”のチェックボックスをクリックすると、Value Tableの記入欄が有効になる。

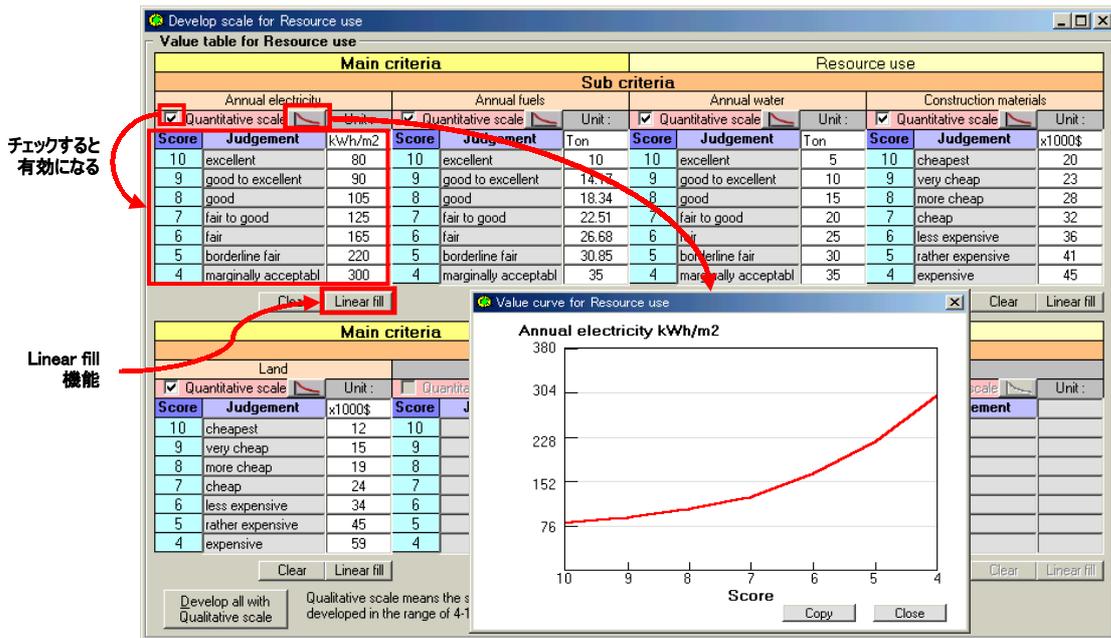
各Sub-criteriaごとに設けられたLinear fill機能を用いると、Score=10、Score=4に対応するValueを入力するだけで、途中の値が線形補間される。なお、Scoreに対応したJudgementは各Sub-criteriaごとにその文言の表現を変えることができる。

また、ダイアログ中の ボタンをクリックすることにより、ValueとScoreの関係性をグラフで確認することができる。図からわかるように、Value-Score関係には、所謂、非線形の効用関数が許容されている。

2. CriteriaがLCCの場合

LCCに関しては、Sub-criteriaごとにValue Tableを定義するのではなく、別途用意されたLCC計算機能を用いて、CriteriaであるLCCとScoreとの対応関係を定義する。

初期画面のValue TableメニューにあるLCCを選択すると、まず、LCC計算プロセスを起動するか否かをダイアログで開いてくる。“Yes”を選択すると、LCC計算ダイアログ(付図2)が表示される(“No”を選択すると付図1と同様のダイアログが示される)。付図2のダイアログで10のパラメータを入力し(デフォルト値あり)、Calculationボタンをクリックすると、LCC計算式



付図 1 Resource Use の各 Sub-criteria の Value Table を設定した状態

(A1)における建設コスト、年間運転コスト、年間管理コストに乗じる係数 Coefficient of construction cost (**a**)、energy cost (**b**)、maintenance cost (**c**)が算出される。

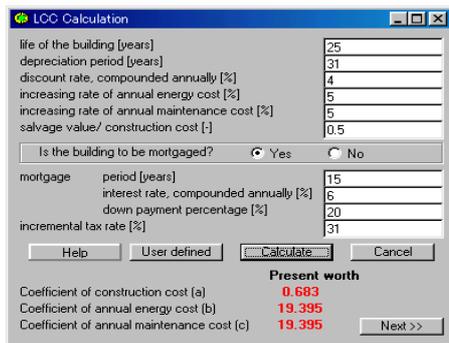
$$LCC = a*(Construction\ cost) + b*(Annual\ operation\ cost) + c*(Annual\ maintenance\ cost) \quad \dots(A1)$$

なお、この3つの係数**a**、**b**、**c** は、LCCを構成する3つのSub-criteriaに対するSub-weightに一致するため、このプロセスを経た場合は、当該Sub-weightを定める必要はなくなる。

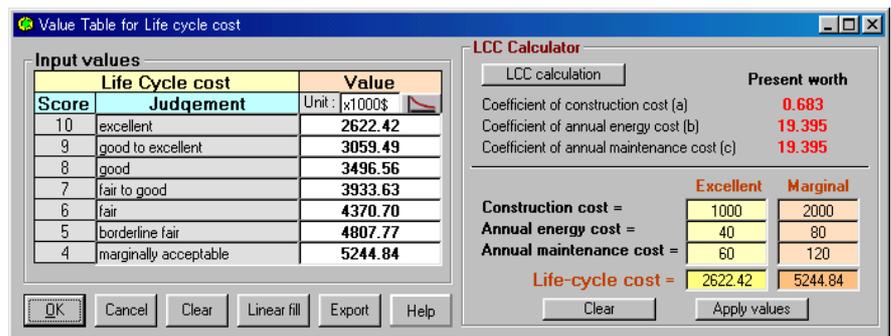
“Next”ボタンをクリックすると、付図3に示すLCCのValue Tableが現れる。ここで、ユーザーは、ダイアログ左側のValue欄にあるテキストボックスに値を代入することにより、LCC (Monetary Unit)とScoreとの対応関係を定義する。上述したLinear fill機能、Graph機能のオプションに加えて、LCCダイアログでは、LCC計算のための電卓機能が用意されている。これは、ダイアログ右側下にあるテキストボックスにSub-criteriaである3つのコストを代入するとLCCが表示されるというもので、Score=10、Score=4に対応するLCCの上下限を定めるに当たって有用である。

**【参考文献】**

[1]全貞ユン、倉科大地、田村明弘:海外の Green Building 評価ツールに関する動向調査、日本建築学会技術報告集 第11号、p.161-164、2000.12  
 [2]岡建雄、横尾昇剛:Green Building Challenge 2000 その1 環境共生評価手法に関する国内外の取り組み、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、p.965-966、2001.9  
 [3]横尾昇剛、半澤久、岡建雄:Green Building Challenge 2000 その2 GBTool 2000の概要、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、p.967-968、2001.1  
 [4]福永和弘、水野里絵、高草木明:建築基本設計のためのグリーン設計評価手法、日本建築学会技術報告集 第12号、p.139-144、2001.1  
 [5]横尾昇剛、岡建雄:総合的な建築物の環境性能評価手法に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、p.923-924、2000.9  
 [6] Doug Balcomb、Inger Andresen:Proposal for Multi-Criteria Decision- Making Method 4<sup>th</sup> version、IEA SH&C Task23 closed document、2000.9  
 [7]谷本潤、片山忠久、萩島理、Douglas Balcomb:Computer program MCDM-23 Multi-Criteria Decision-Making Tool の概要、日本建築学会九州支部研究報告 第39号、p.89-92、2000.3  
 [8]木下栄蔵:意志決定論入門、啓学出版、1992  
 [9] Inger Andresen:A Multi-Criteria Decision-Making Method for Solar Building Design、Norwegian University of Science and Technology、p.154、2000.2



付図2 LCC 計算ダイアログ



付図3 Life Cycle Cost の Value Table

# 建築環境工学教育用コンピュータソフトウェア ET\_AEE の開発

谷本 潤 \*1  
片山 忠久 \*3

萩島 理 \*2

キーワード:  
コンピュータソフトウェア, 建築環境工学, GUI 指向

Keywords:  
Computer software, Architectural environment engineering, GUI oriented

## 1. 緒言

本稿では、弊研究室で開発し、web サイト上で公開している<sup>1</sup> 建築環境工学教育用コンピュータソフトウェア ET\_AEE (Educational Tools for Architectural Environment Engineering) について報告する。

建築環境工学におけるコンピュータ利用については、既に大部の蓄積があり、計算機利用、コンピュータシミュレーションそのものは、最早、定着した技術となっている。就中、太陽位置や PMV 等いわば決まり切った計算ルーチンをコンポーネントプログラムとして整備するとの石野らのアイデアおよびその実作[1][2][3][4][5]は、コンピュータプログラムを研究者間で共有の知的資源として蓄積するとの意味で、計算機能力が指数関数的発展を遂げ、インターネットを介した情報公開が著しく進捗した現在から遡及しても、誠に先駆的かつ豁然たる提案とみることが出来るように思う。また、OS として普及した Windows の影響で、昨今は GUI (Graphical User Interface) に配慮したソフトウェア開発が、以前に比較して格段にやり易い環境になりつつあることを挙げねばならぬだろう。著者らは、GUI とは、dialog を駆使した入出力機能の強化にとどまらず、在来、ソースコード本体の開発に意力の過半が注がれ、お座なりにされることの多かった Help 機能を最大限組み込むことも重要かつ必須であると考えており、斯様の認識から、熱環境シミュレーションおよび省エネルギー設計支援ツールにおける一例として、米国 NREL

# DEVELOPMENT OF SMART COMPUTER SOFTWARE, ET\_AEE, AN EDUCATIONAL TOOL FOR ARCHITECTURAL ENVIRONMENT ENGINEERING

Jun TANIMOTO \*1  
Tadahisa KATAYAMA \*3

Aya HAGISHIMA \*2

This paper reports on the development of ET\_AEE, which is an acronym of *Educational Tools for Architectural Environment Engineering*. ET\_AEE is a new educational-tool program that calculates several tasks related to the topics of Architectural Environment Engineering aiming at undergraduate students. However, ET\_AEE probably seems to be much useful and powerful not only for undergraduate students but also for graduate students, engineers and researchers. ET\_AEE provides above-mentioned calculations on a user-friendly interface, in other words, Graphical User Interface, GUI, which works on the platform form of Windows 95, Windows 98 or Windows NT. ET\_AEE is free software, so then, anyone can download the installation file from the web-site of authors, <http://ktlabo.cm.kyushu-u.ac.jp/>. Calculating functions provided by ET\_AEE are totally 12 that are classified into 2 parts, Engineering Issues and Mathematical Issues. ET\_AEE provides a separate dialog box for each calculation topic that was designed to be cool and easy understanding considering GUI. One of the specific features to be stressed is that ET\_AEE has a huge Help file using a bunch of image files, which is very useful and helpful.

で開発された ENERGY-10 を本技術報告集で紹介した経緯[7]がある。

以上の背景のもとに ET\_AEE は開発された。ET\_AEE では、以下詳細に述べる 12 の計算機能を Windows 上に提供する。12 の機能は、コンポーネント的に作成されており、各々独立の dialog box で対話型に計算を実行できる。機能そのものは、太陽位置や空気線図窓システムの総

表1 ET\_AEE がサポートする 12 の計算機能

Engineering Issues
太陽位置, 壁面入射角およびプロファイル角
水平面全天日射量の直散分離 (Berl age, 永田, 松尾, 宇田川, 渡辺の各式)
大気放射量 (Brunt および Berdahl の式)
空気線図 (線図上指示機能と絶対湿度, 相対湿度, 湿球温度, 露点温度, エンタルピー, 乾球温度の相互変換機能)
温熱環境指標 (PMV, ET, SET*)
形態係数 (代表的な面対面形態係数および点対面形態係数)
標準気象データユーティリティ (HASP フォーマット気象データの内容表示)
複合窓システムにおける日射の総合透過率
窓のある矩形室における壁面間の面対面形態係数と Gebhart 放射吸収係数
Mathematical Issues
線形連立方程式の解法 (掃き出し法による解法)
線形方程式の最小 2 乗解 (倍精度計算で一般化逆行列を計算)
線形重回帰分析 (倍精度計算で重回帰係数, 標準化回帰係数, 寄与率を算出)

\*1 九州大学大学院総合理工学研究院・助教授・工博 \*1 Associate Prof., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ., D. Eng. (〒816-8580 春日市春日公園 6-1)

\*2 九州大学大学院総合理工学研究院・助手・工修 \*2 Research Associate, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ., M. Eng.

\*3 九州大学大学院総合理工学研究院・教授・工博 \*3 Prof., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ., D. Eng.

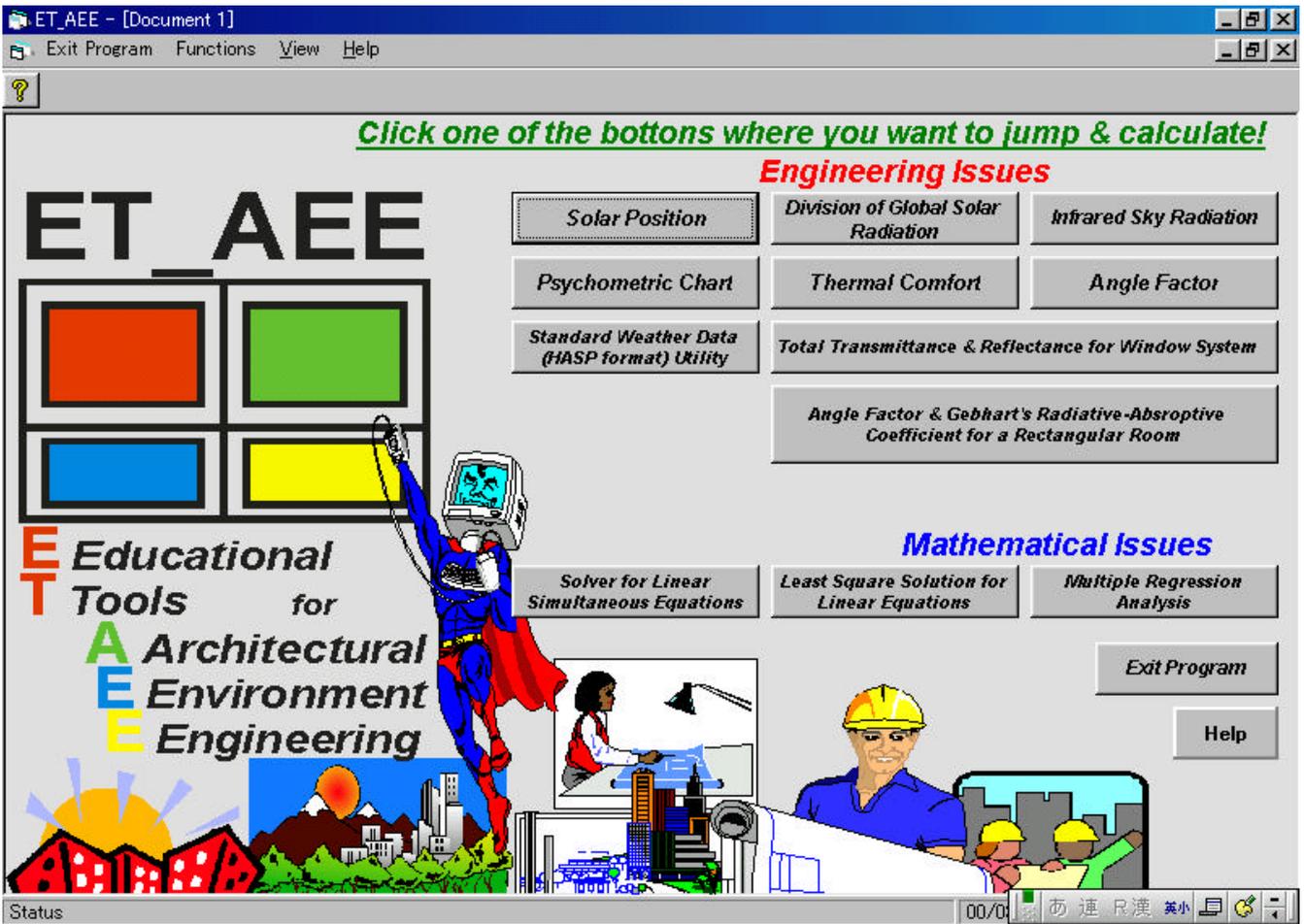


図1 初期画面

合透過率,最小 2 乗解の解法など学部学生の教育支援に供することをターゲットに選定したが、技術者や研究者が電卓代わりに使用することも十分可能である。また、インストールファイルを研究室の web サイト上でフリーソフトとして公開し、成果を広く情報発信することも本開発研究の重要な要素であると位置付けている。

## 2. 計算機能の概要

ET\_AEE が提供する機能は大きく Engineering Issues と

Mathematical Issues に大別される。12 の計算機能の概要を表 1 に示す。ソフトウェアを起動するとロゴを格納したスプラッシュファイルが表示され、図 1 の初期画面が現れる。12 の計算機能に関しては、メイン画面上に配置されたボタンをクリックするか、Main menu/ Functions をプルダウンすることで、各 dialog box がポップアップしてくる。また、初期画面からはヘルプへの general entrance ( Main menu/ Help ) や研究室の web サイトに直結しているブラウザ ( Main menu/ View/ Web Browser ) へアクセスすることが可能である。

以下では 12 機能のうち、空気線図、複合窓システムにおける日射の総合透過率、線形方程式の最小 2 乗解について詳しく述べる。

**空気線図** 空気線図の dialog box を図 2 に示す。主な機能は 2 つあって、線図上の指示機能と絶対湿度,相対湿度,湿球温度,露点温度,エンタルピー,乾球温度の相互変換機能である。前者については、線図上の任意のポイントをマウスでクリックすると、図 2 に示すように×印が表示され、同時にその点の状態量が dialog 左上のボックスに示される。後者の機能については、例えば図 3 に示すように dialog 左中のボックスに 2 つの状態量 ( 図の例では乾球温度と相対湿度 ) を入れて "Show the Value" をクリックすると、その他の状態量が表示されるとともに、線図上にオレンジ色の×印が現れる。

複合窓システムにおける日射の総合透過率 外付

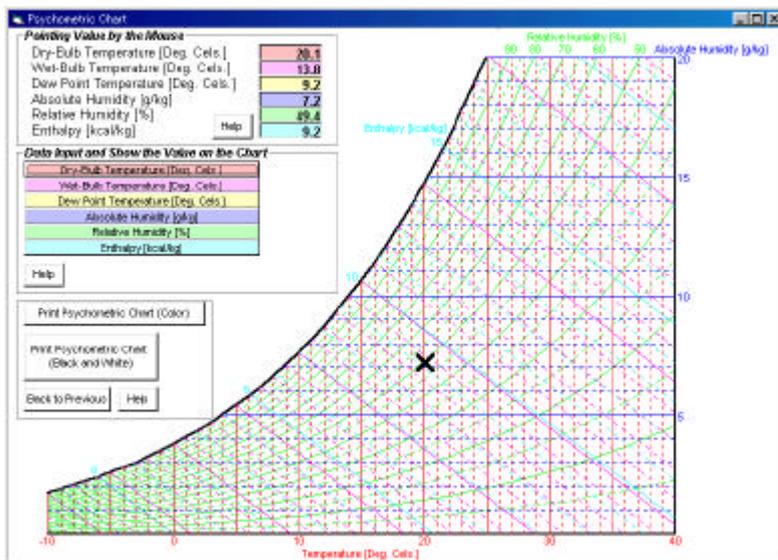


図2 空気線図 (線図上指示機能)



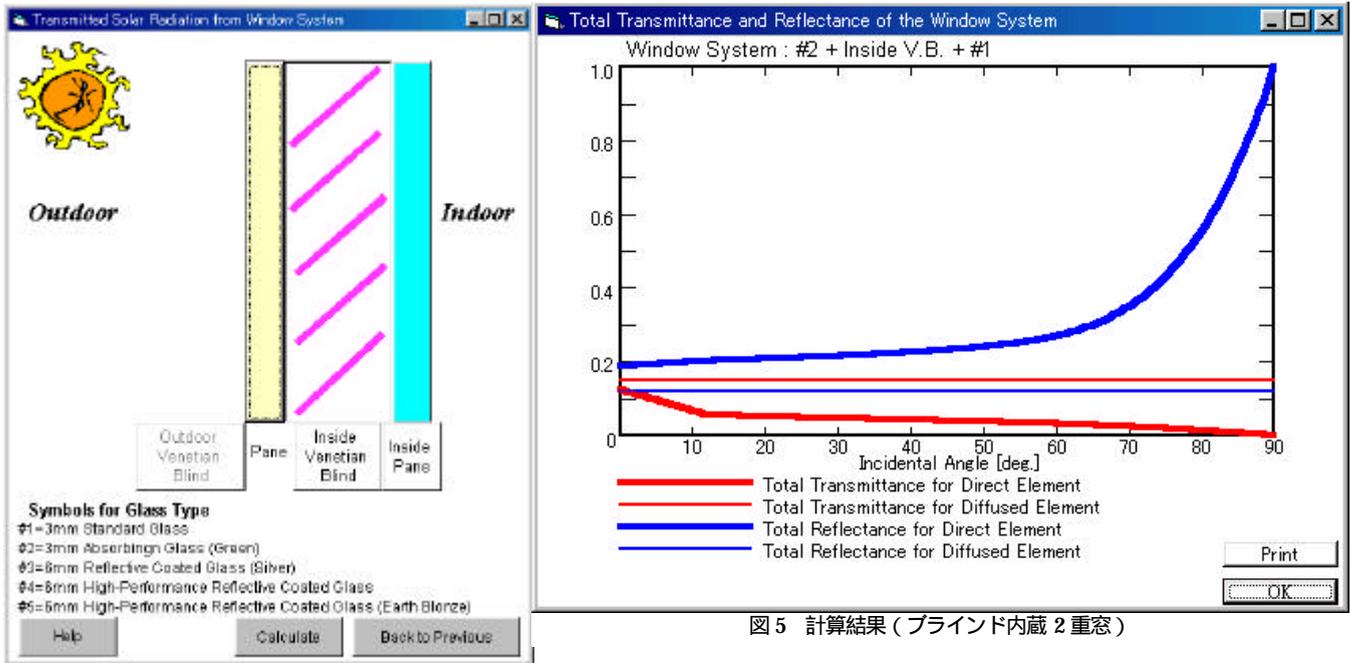


図4 複合窓システムにおける日射の総合透過率 dialog (ブラインド内蔵2重窓)

図5 計算結果 (ブラインド内蔵2重窓)

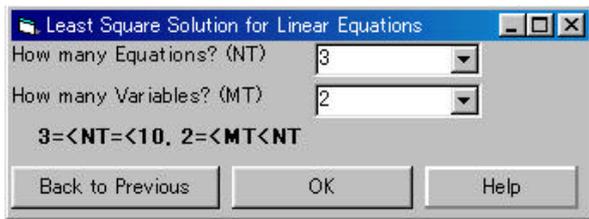


図6 最小2乗解の初期 dialog box

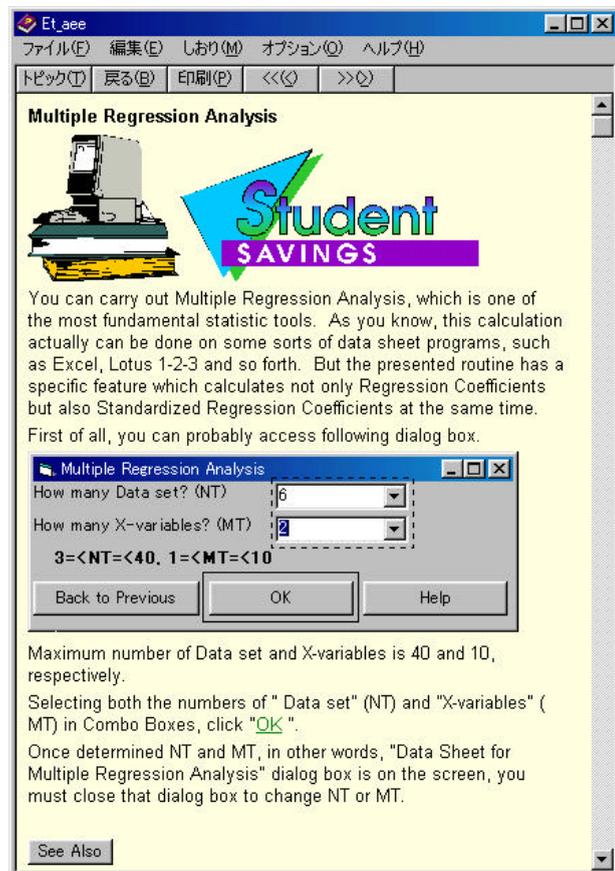


図7 線形重回帰分析のヘルプ

応可能である。また、ET\_AEEは、九州大学工学部エネルギー科学科における1年生対象の創造科学工学演習および3年生対象のエネルギー工学実験のうち常研究室が担当する演習、実験で実地使用している。

## 5. 結言

建築環境工学教育用アプリケーションソフト ET\_AEE の開発概要について報告した。ET\_AEE は 12 の計算機能を有する GUI を指向 Windows 対応プログラムであり、web 上でフリーソフトとして広く公開している。

【謝辞】 HASP フォーマット気象データに関しては、日本建築学会環境工学委員会熱環境小委員会気象データ WG のご厚意により、「拡張アメダス気象データ」プログラムによって出力されるデータを使用させて頂いた。便宜を図って下さった長岡造形大学造形学部・助教授・二宮秀興先生、鹿児島大学・曾我和弘博士に衷心より謝意を表する。

〔注記〕

\*1 研究室のホームページ URL は、<http://ktlabo.cm.kyushu-u.ac.jp/>である。

\*2 厳密には Windows3.1 と Windows95 以降とでは、トピックの表示法に差異がある。

\*3 1999年8月には、計算機能が6つある ver1.04 テスト版を暫定公開し、試験運用してきた。

【参考文献】

- [1] H.Ishino・M.Shukuya and K.Kohri, Development of a Component Program Library for Building Energy Simulation -A Japanese Experience-, Proceeding of Building Simulation '89, pp.363-369, 1989
- [2] 石野久彌・郡公子, 空調ソフトウェアのコンポーネントライブラリーの開発, 空気調和・衛生工学学会論文集, pp.517-520, 1986
- [3] 郡公子, 空調ソフトウェア・コンパス, SYMPOSIUM, 熱負荷とソフトウェア, 空気調和・衛生工学学会, pp.25-38, 1989
- [4] 石野久彌, 空気調和・衛生工学学会学術講演会講演論文集, pp.1405-1408, 1999年
- [5] 石野久彌・郡公子, レスポンスファクター法と逐次積分法の特性解析とコンポーネントプログラム, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.803-804, 1987年
- [6] 間純一・山川真治, 空調技術計算のソフト化における諸確認, 空気調和・衛生工学学会学術講演会講演論文集, pp.1181-1184, 1996年
- [7] 谷本潤・Douglas BALCOMB・片山忠久・萩島理, LOW-ENERGY BUILDING 設計支援ツールとしての ENERGY-10 に関する報告, 日本建築学会技術報告集第9集, pp.153-158, 1999.12
- [8] 谷本潤・木村建一・小池正浩, 空気流通窓システムのある室内熱・湿気環境評価に関する研究 評価法と実測による検証, 空気調和・衛生工学学会論文集 No.51, pp.1-13, 1993.2
- [9] 赤坂裕・二宮秀興・松本真一・曾我和弘・永村一雄・三木信博・永村悦子・武政孝治, 拡張アメダス気象データ, 日本建築学会, 2000年

従って、バグ情報やバージョンアップ情報の伝達は電子メールにより対