

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その 62）

BEST プログラムの特徴と今後の展望

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 62)

Features of the BEST Program and Future Views

正会員	○石野 久彌（首都大学東京名誉教授）	特別会員	村上 周三（建築研究所）
正会員	坂本 雄三（東京大学）	正会員	大塚 雅之（関東学院大学）
正会員	郡 公子（宇都宮大学）	正会員	長井 達夫（東京理科大学）
正会員	秋元 孝之（芝浦工業大学）	正会員	牧村 功（日建設計）
正会員	野原 文男（日建設計）	正会員	柳井 崇（日本設計）

Hisaya ISHINO*¹ Shuzo MURAKAMI*² Yuzo SAKAMOTO *³ Masayuki OTSUKA *⁴
 Kimiko KOHRI*⁵ Tatsuo NAGAI*⁶ Takashi AKIMOTO*⁷ Isao MAKIMURA *⁸
 Fumio NOHARA*⁸ Takashi YANAI*⁹

*¹ Tokyo Metropolitan University *² Building Research Institute *³ Tokyo University

*⁴ Kanto-Gakuin University *⁵ Utsunomiya University *⁶ Tokyo University of Science

*⁷ Shibaura Institute of Technology *⁸ Nikken Sekkei Ltd *⁹ Nihon Sekkei, Inc.

The BEST program has been developed since 2005. The professional version already has the essential capabilities as an integrated simulation tool that solves simultaneously the heat balance between multiple zones and building service systems. The simplified version for estimating PAL and CEC is also released in 2010. This paper presents the features of the latest version of the BEST and the future views.

1. 序

今、シミュレーションは多様化し、かつ変貌を遂げつつある。本発表の BEST は多様化の真っ最中のもので変貌後のもの変貌前のものが混在している。BESTの開発は2005年であり、プログラム開始は2007年である。2007年当初の単室定常計算から始まり、現在の BEST1004 版は、多数室非定常計算、設備と建築の連成統合計算となっている。本オーガナイズドセッションではこの1年のBESTの開発最新内容を報告する。本報は全体的な特徴を述べるものである。

2. BEST 専門版の機能

BEST は多種類の UI を想定しており、最も早くから着手しているのが専門版である。計算エンジン自体は BEST の種類によらずすべて同一のものを用いており、差異は UI にある。

表 1 に全体の機能を一覧に示した。全般的には建築と設備の連成計算が可能であり、また部分計算も可能である。設計用最大負荷計算、年間熱負荷計算、年間エネルギー計算のすべてが可能であり、少しの入力データの変更で対応できる。気象は表 1 に示すように多様である。設計用から年間データまで、日本のデータのみでなく世界のデータまで、60 分値データから 1 分値データまで対応している。建築計算もそれに合わせて多様である。計算時間間隔が 60 分よりも短く、しかも自在に可変である。計算法も設

備連成モードではエクスプリシット法、空調時や建築単独計算ではインプリシット法と切り替えが自在である。設備の計算は、各機器モデルを統一的フォーマットに従った要素モジュールにより表現することにより、どんなシステムでも自由にモジュール接続をすることにより構築可能である。一方、システムが大きくなるとモジュール接続が複雑となってくるのでモジュール接続の手間を軽減するためのテンプレートを用意している。空調では、テンプレートとして CAV、VAV に対応するゾーンテンプレート、風量別空調機テンプレート、熱源テンプレート、熱源群テンプレート、建物全体テンプレートなどが用意されている。衛生は器具使用頻度を利用する水負荷算定手法とし、水槽やポンプなどをモジュール化して計算している。雨水利用、太陽熱利用の計算も可能である。コジェネシステムは建築・空調・電気・衛生の総合連成計算が可能であり、ガスエンジンのみならずガスタービン、燃料電池の計算も可能である。蓄熱システムについては、水蓄熱槽として連結完全混合槽型、温度成層型、氷蓄熱槽として現場築造型の計算が可能である。UI の入力支援機能としては入力データの構成をフォルダーのツリーでわかりやすく表示、他ケースの建築入力データの必要な部分をインポートできるなどの特徴があり、機器モジュールの接続候補の表示とか機器モ

表1 BEST 専門版の機能

分類	機能と特徴	
全般	建築と設備の連成	建築・空調・電気・衛生との連成計算が可能。同時に、建築、空調・電気・衛生の部分計算も可能。
	利用用途	設計用最大熱負荷計算、年間熱負荷計算(以上建築単独計算)、年間エネルギー計算(連成計算)が可能で、各利用段階に対して、入力データを容易に変換可能。
気象	BEST1分値データ	1分間隔に変動する気象データ。東京のデータがプログラムに添付され利用できる。国内56地点データを提供可能とするために開発中。
	EA標準年、実在年データ	出版公開されたDVDに収録される国内842地点の標準年、実在年(1981~2000年)のEA(拡張アメダス)データを読み込み、利用できる。
	EA設計用データ	国内842地点のBESTフォーマットデータがプログラムに添付され、利用できる。
	EPWデータ	公開(無償)されている海外2100地点以上の標準年データを読み込み、利用できる。
	WEADACデータ	公開(有償)されている国内外約3700地点の設計用および各月代表日データを読み込み、利用できる。
	自由な時間間隔に対応	BEST1分値データは、60分の約数の任意の時間間隔データに変換し、EA、EPW、WEADACデータは、60分値データを補間して任意の時間間隔に対して利用できる。
	降水量・屋外照度	給排水衛生システムで利用する降水量、昼光計算で利用する屋外照度データも提供する。
建築	熱計算法	①設備との連成モードのときはエクスピリット法、非空調時や単独計算のときはインプリット法に切り換え可能とする。②解法などに応じて計算時間間隔を変動設定可能③多ゾーン相互の熱的影響考慮。
	最大熱負荷	EA、WEADAC設計用気象データによる日周期定常最大熱負荷計算が可能。任意の予冷熱時間設定が可能。間欠運転や連続空調でナイトセットバックする場合の予冷熱にも対応。
	昼光・調光	簡単な入力で照度計算を行い、スラット角制御と調光制御の効果を計算可能。
	温熱環境指標	簡易かつ適性の評価指標である作用温度、PMVを計算して出力する。平均放射温度はASTで代用する。
	豊富な窓・壁性能値	約650種の窓ガラス、約230種の壁材を選択可能。エアフローウィンドウ用データも用意されている。
入力支援など	①同じ条件を繰返し入力しないですむ一括設定を導入。一括変更も可能。②入力データチェックを強化し、矛盾に対してメッセージを出力③データベースおよびユーザ入力データ形式として、分かりやすく再利用しやすいXML形式を採用。	
設備共通	解法・機器モジュール	①確実に解を得られるエクスピリット法を採用。②各機器モデルを、統一フォーマットに従ったモジュールにより表現。自由なモジュール接続によって全体システムを構築。③種々のシステム、種々の計算法を組み込み可能で、かつ比較的シンプルなフレームワーク。④規則に従いモジュールを作成すると、誰でもモジュール追加が可能なプログラム構造をもつ。
	テンプレート	モジュール接続の手間を軽減するためのテンプレートを用意。例えば「空調機」の場合、「冷水コイル」、「加湿器」、「ファン」といった要素モジュールを意識せず、まとまりとして「空調機」テンプレートを扱えばよい。
空調	システム計算法	①個別式、中央式ともに計算可能。②比較的详细な計算を行う機器、制御モジュールを自由に組み合わせることが可能。種々の制御方式の検討が可能な構造をもつ。③全体システムの他、機器単体、あるいは熱源周りのみといった部分システムの検討が可能。
	入力支援	①モジュール間の複数の接続情報を1つのオブジェクトにまとめ、接続を簡易化。②モジュールの接続だけでなく仕様も設定済みの容量別テンプレートを多種類用意。
	テンプレート	建物全体テンプレート12種、CAV、VAVに対応するゾーンテンプレート30種、風量別空調機テンプレート44種、熱源テンプレート50種、熱源群テンプレート6種を新規整備。
	豊富な機器特性値	熱源機器・補機、搬送機器、空調機構要素、パッケージ空調機に関する種々の特性値を収集し、かなりの機器の定式化を完了。データベース化と動作確認、結果検証を続行中。
衛生	水負荷算定法	器具使用頻度(パターン)を利用する負荷算定手法を採用。建物用途別給湯負荷パターンも用意。
	システム計算法	水槽、ポンプなどをモジュール化して計算に利用し、水量、水温を計算する。負荷に応じた水槽の水位変動やポンプ運転状態を計算できる。上水・雨水利用量、エネルギー消費量、給湯配管熱損失量などを出力可能。
	対象システム	一般方式の計算のほかに、①雨水利用、節水器具の効果の計算、②各種給湯加熱装置、太陽熱利用システムの計算も可能。
	機器特性値	給湯加熱装置の機器特性データを用意。
電気	システム計算法	屋光照度を連動した調光制御、負荷機器の消費電力に合わせた変圧器の損失電力量の計算が可能。
	対象システム	①調光制御、②太陽光発電、③変圧器の損失電力量の計算が可能。
コジェネシステム	システム計算法	①建築・空調・電気・衛生の総合連成計算が可能。すなわち、排熱温度・排熱量、需要量や気象条件などのバランスを計算する。②配管内の水熱容量を考慮するモデルを採用し、システム停止時や開始時の温度低下、上昇を再現可。③貯湯槽の放熱計算が可能。
	対象システム	①ガスエンジンのみならず、ガスタービン、燃料電池の計算が可能。②排熱投入型冷水機、デシカント空調機による排熱利用、熱交換器を介する暖房利用の計算が可能。
蓄熱システム	システム計算法	①計算法として、TESEP-W(ヒートポンプ蓄熱センター)や中原らの研究成果を採用。②細かい時間間隔で水槽内部の変化を計算。③蓄熱槽本体、蓄熱用制御弁、熱量計などを独立モジュールとし、これらの組合わせて種々のシステムを計算。
	対象システム	水蓄熱槽は、連結完全混合槽型・温度成層型、氷蓄熱槽は、現場築造型の計算が可能。水温プロフィール確認用グラフも表示できる。
GUI	入力支援	①入力データの構成をフォルダのツリーでわかりやすく表示。②他ケースの建築入力データの必要な部分を、インポートできる。
	モジュール設定支援	①機器モジュールの接続候補を表示する。②設備テンプレートの仕様変更機能がある。③機器モジュールの計算順序を自動決定できる。
	グラフ出力	計算結果を、2次元グラフ、3次元グラフで表示する機能をもつ。
	画面表示仕様の外部ファイル化	機器モジュールの入力画面の表示仕様は、CSVファイルデータで定義する。これにより、モジュール開発者が、モジュールと同時に、画面表示フォーマットも登録できる。

【注記】 オフィスビル最大熱負荷計算条件

(オフィス基準階南室：インテリア+ペリメータ3ゾーン)
 ペリメータ奥行き：3m、窓：窓面積率68%、low-e 複層ガラス+明色ブラインド、内部発熱：照明 20W/m²、在室者 0.15 人/m²、機器 15W/m² (冷房用割増 1.1・暖房用割引 0.3)
 空調時間：8:30~22:00、予冷熱時間：30分(外気カット)、設計室温度：夏期：26°C60%、冬期：22°C50%、インテリア空調装置：ペリメータ供給分の外気も導入 (6.6CMH/m²)。夏期は冷却除湿、冬期は冷却除湿・加熱加湿による温湿度制御。ペリメータ空調装置：外気導入なし。夏期は冷却除湿による温湿度制御、冬期は加熱による温度制御。
 その他 計算時間間隔：5、30、60 分の組み合わせ

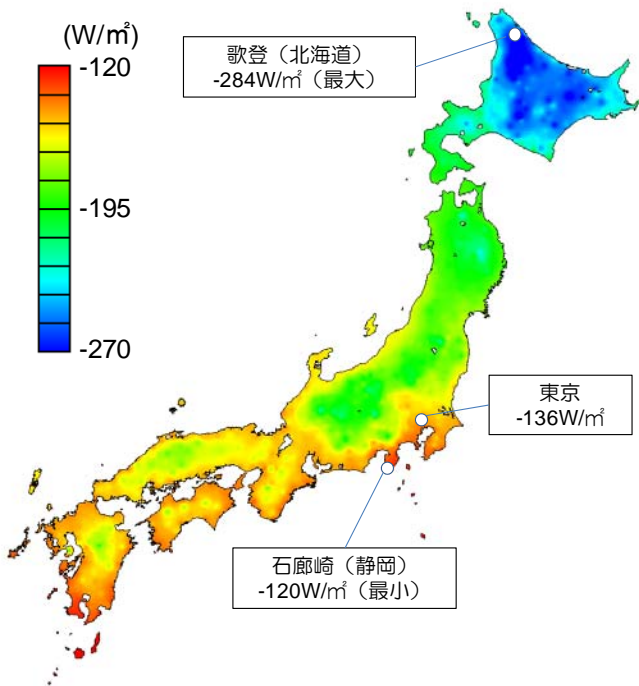


図1 EA 設計気象データによる暖房最大熱負荷 (オフィス・インテリアゾーン)

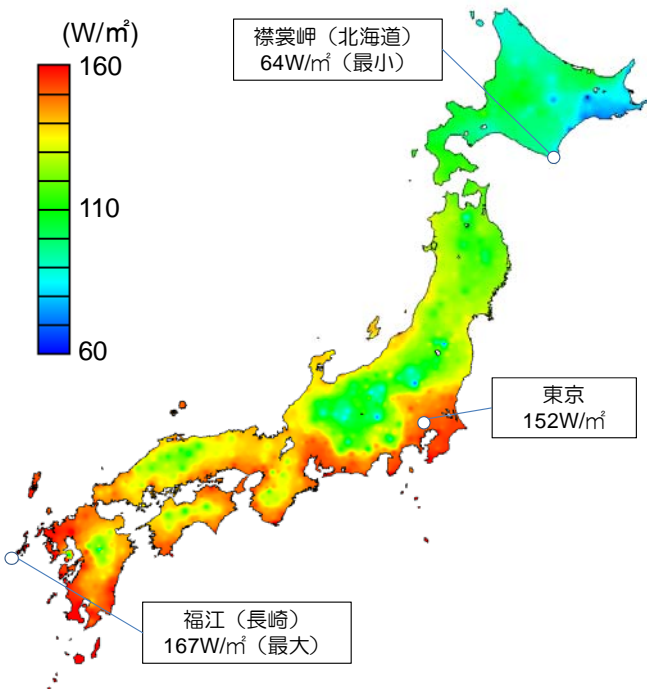


図2 EA 設計気象データによる冷房最大熱負荷 (オフィス・インテリアゾーン)

ジュールの計算順序を自動決定できる機能がある。

3. PAL、CEC の計算機能

省エネ法の改正に伴い本年4月より 300 m²以上のすべてのビルに対して省エネルギー計画書の届け出が義務化されるようになった。そうなる年間数万件の届け出数となり行政窓口も大変な作業量となる。そこで BEST による計算、届け出が要求された。

計算エンジンは基本プログラム (BEST 専門版) のエンジンと同一としつつ、入力的大幅な簡易化を図っている。50 程度の入力、それもプルダウンメニューからの選択入力が残どであるような操作で、PAL と全種類の CEC が求まるというものである。画面としては、物件管理、入力データ、結果表示の構成となっており、入力データ画面は、基本情報、建物形状、PAL、CEC/AC、CEC/V、CEC/L、CEC/EV、CEC/HW および効率化設備を各 1 画面で簡潔に作成している。建物用途は事務所、物販、飲食店舗、ホテル、病院、学校、集会所が扱える。この UI の基本的な思想は猪岡氏 (当時日建設計、現中部大学) による FACES プログラムの UI を踏襲していることになる。デフォルト値の多用、自動設計、大胆なデフォルメ機能などを用いている。計算時間については、簡易入力でありながら詳細計算をするという矛盾をはらんでいるので、インターネット計算には向かず現在はスタンドアロンタイプの計算を基本としている。インターネット計算のためにはせめて 10 秒程度の計算とすべきものと考えられる。

本プログラム (BEST 省エネ計画書作成支援ツール版) は無償でダウンロードできるサービスを行っており 5 月末時点で約 5 千件のダウンロードの実績がある。

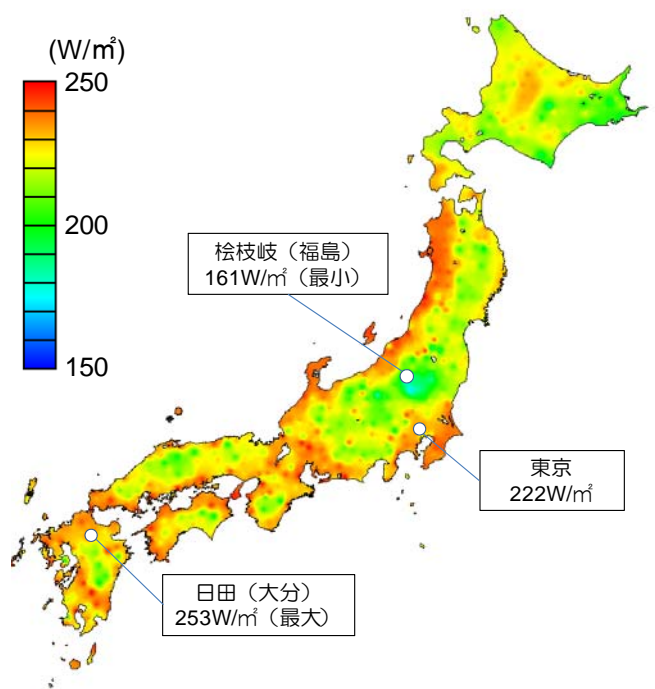


図3 EA 設計気象データによる冷房最大熱負荷 (オフィス・西ゾーン)

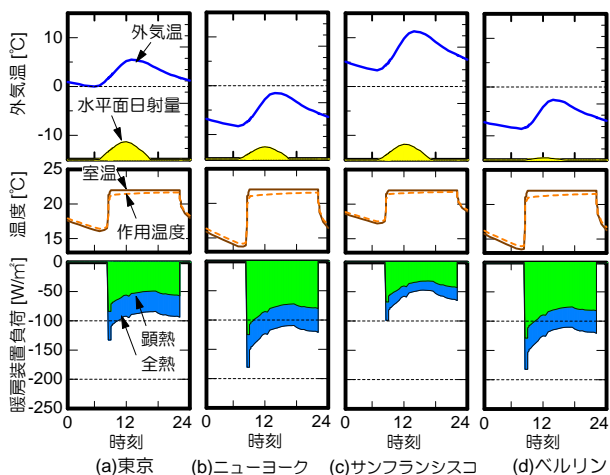


図4 WEADAC 設計用気象データによる暖房最大熱負荷計算結果(オフィスインテリアゾーン)

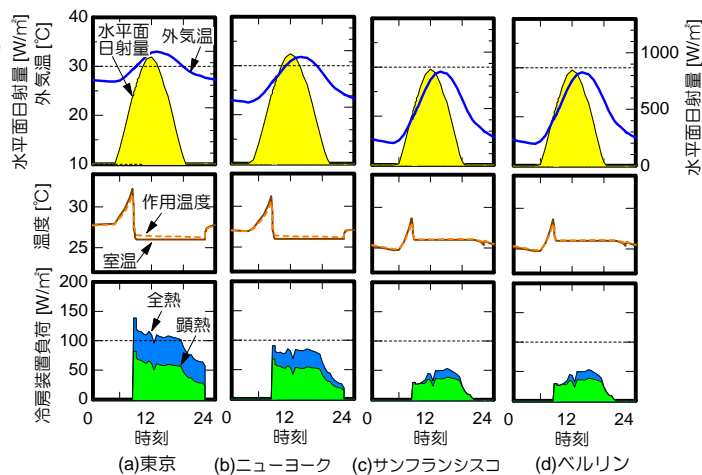


図5 WEADAC 設計用気象データによる冷房最大熱負荷計算結果(オフィスインテリアゾーン)

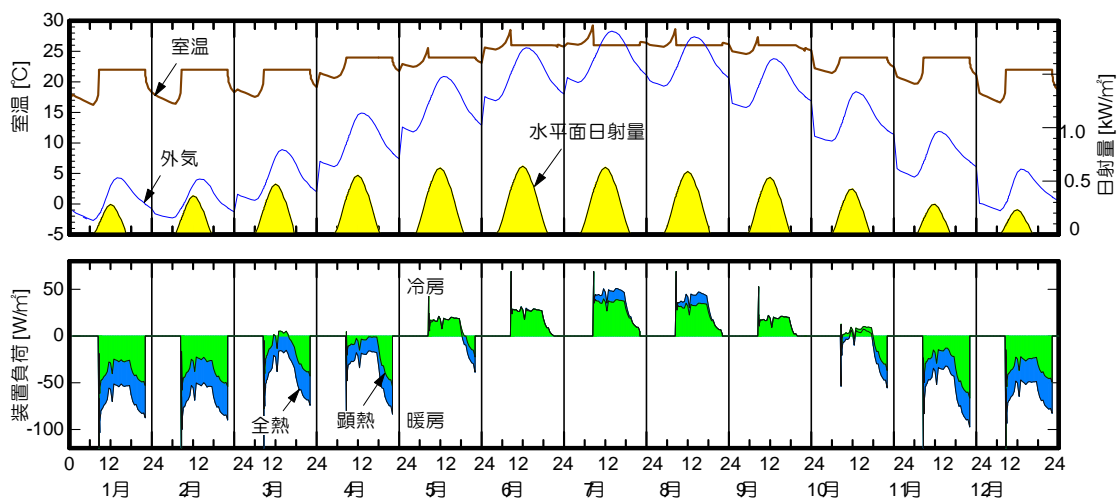


図6 WEADAC 月別代表日気象データによる日周期定常計算結果(ニューヨーク・オフィスインテリアゾーン)

4. BEST 試算例

あるガラス建築のオフィスについて、国内 842 地点の EA 設計用気象データを利用して最大熱負荷計算を行い、カラーマップを作成した。図 1 は、インテリアゾーンの暖房最大負荷、図 2、3 はインテリアゾーン、西ゾーンの冷房最大負荷のマップである。外気導入を行うインテリアゾーンの空調装置は、緯度が低い沿岸部ほど暖房負荷は小さく、冷房負荷は大きい。これに対して、外気導入を行わない西ゾーン空調装置の冷房負荷は、東北地方日本海側、北陸地方で大きいことが際だっている。

図 4~6 は、WEADAC 気象データの利用例である。図 4、5 は、世界主要 4 地点の最大負荷計算結果であり、図 6 は、ニューヨークについての月別代表日の日周期定常計算結果である。最大負荷計算結果は、月別代表日計算用の装置容量として、自動設定される。

5. 結

大型プログラム BEST の現況を概説した。

多様性に対応できるのは、JAVA によるオブジェクト指向プログラミングが有効に機能していることによる。

【謝辞】本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、統合化 WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。統合化 WG 名簿(順不同)主査: 石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員: 井上隆(東京理科大学)、一ノ瀬雅之(東京大学)、内海康雄(宮城工業高等専門学校)、大西晴史(関電工)、木下泰斗(日本板硝子)、久保木真俊(日建設計)、工月良太(東京ガス)、黒本英智(東京電力)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、品川浩一(日本設計)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、菅長正光(菅長環境・設備一級建築士事務所)、滝澤純(日建設計)、滝澤博(元鹿島建設)、高橋亜璃砂(大林組)、長井達夫(東京理科大学)、二宮博史(日建設計)、二宮秀典(鹿児島大学)、丹羽勝巳、野原文男、長谷川巖、田端康宏(以上、日建設計)、平林啓介(三菱 UFJ 銀行)、柳井崇(日本設計)、事務局: 生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

【文献】1) 石野・村上他: 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その 1)~(その 61)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.19669-2040、2007.9、pp.1077-1156、2008.8、pp.642-730
2) 石野・村上他: 建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発 第 1 報~第 22 報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1027-1042、2008.9、pp.976-1000、2009.9、第 23 報~第 25 報、2010.9