

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175）

自然換気併用空調の効果の感度解析

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 175)

Sensitivity Analysis of Effect of the Natural Ventilation

正会員○芝原 崇慶（竹中工務店） 特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）
 技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授） 技術フェロー 郡 公子（宇都宮大学）

Takayoshi SHIBAHARA*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Kimiko KOHRI*⁴

*¹Takenaka Corporation *²Institute for Building Environment and Energy Conservation

*³Tokyo Metropolitan University *⁴Utsunomiya University

The Effect of Natural Ventilation depends on the items, such as natural ventilation opening area, direction, the positional relationship between the neutral zone, internal heat and control settings. In this paper, The relationship between these parameters and the energy saving effect was shown.

1.はじめに

BEST 専門版建築プログラムでは、自然換気の計算が可能である。一般的な自然換気の制御項目についての入力も可能であり、自然換気効果の試算を行うツールとして有用である。基本計画段階において BEST 専門版建築プログラムを活用して自然換気効果についての各種検討を行うことも十分考えられるが、本報では、自然換気に関する各種条件を変更した場合の装置冷房負荷削減量・装置冷房負荷削減率等の計算結果を線図として整備し、基本計画段階における概略検討において活用可能とする。

2.シミュレーション概要

図1に計算対象室の形状を、図2に計算対象室の中性帯との位置関係を、表1に主な計算条件を示す。

計算対象室は奥行15m、階高4mの事務室とし、ペリメータとインテリアの2ゾーンとした。高さ関係については20階建の建物を想定し計算対象室は4・8・12・16・20階とした（BEST 専門版建築プログラムでは、中性帯は建物高さの2/3にあると仮定されるため、基本計画段階において本報で示される計算結果を参照する際には、図2に示される各階事務室の中性帯からの距離を参照する必要がある）。

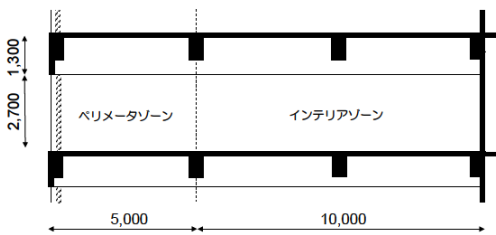


図1. 計算対象室の形状

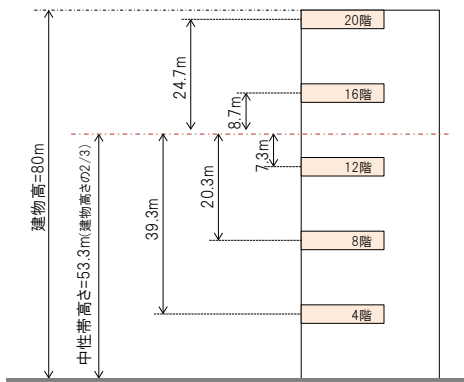


図2. 計算対象室の中性帯との位置関係

表1. 主な計算条件

項目	計算条件
気象	拡張アメダス標準年気象データ 地点：札幌、仙台、東京、大阪、福岡
自然換気	(自然換気制御) 自然換気期間：4/1～11/30, 24時間 下限外気温度：14℃, 16℃, 18℃, 20℃ 上限外気相対湿度：90%、上限外気露点温度：19℃、上限外部風速：10m/s 下限室温：空調時24℃、非空調時22℃ 室内外エンタルピー差考慮、冷房中の自然換気実施(ハイブリッド空調) (建物) 20階建(軒高80m)、計算対象室：4階, 8階, 12階, 16階, 20階 (換気口) 5cm ² /m ² , 10cm ² /m ² , 15cm ² /m ² , 20cm ² /m ² , 30cm ² /m ² , 50cm ² /m ² (自然換気口面積/事務室床面積)
計算対象室	室：ペリメータ・インテリアの2ゾーン(20階も中間階扱いとした。) 室奥行15m、ペリメータ奥行5m、階高4m、天井高2.7m ゾーン間換気250CMH/m 方位：北・東・南・西 窓：高日射遮蔽型Low-Eガラス、明色ブラインド 内部発熱(最大)：照明：10W/m ² 機器：5W/m ² , 10W/m ² , 15W/m ² , 30W/m ² 人体：0.15人/m ² ※内部発熱スケジュールはBESTのデフォルト値
空調	空調時間：8:00～22:00(外気導入は9:00～22:00) 設定室温：夏期 冷房26℃, 60%、中間期 冷房26℃, 暖房22℃ 冬期 冷房26℃, 暖房22℃50% 外気量：5CMH/m ²

下線は標準条件を示す。

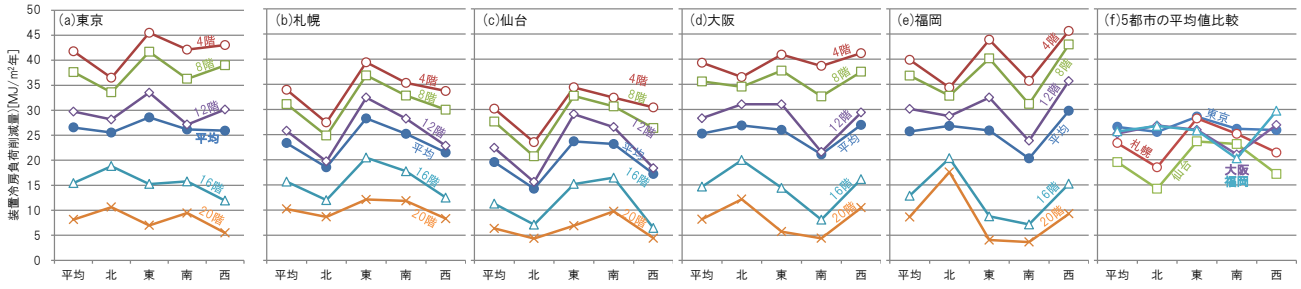


図3. 装置冷房負荷削減量(都市・方位・階のケーススタディ)

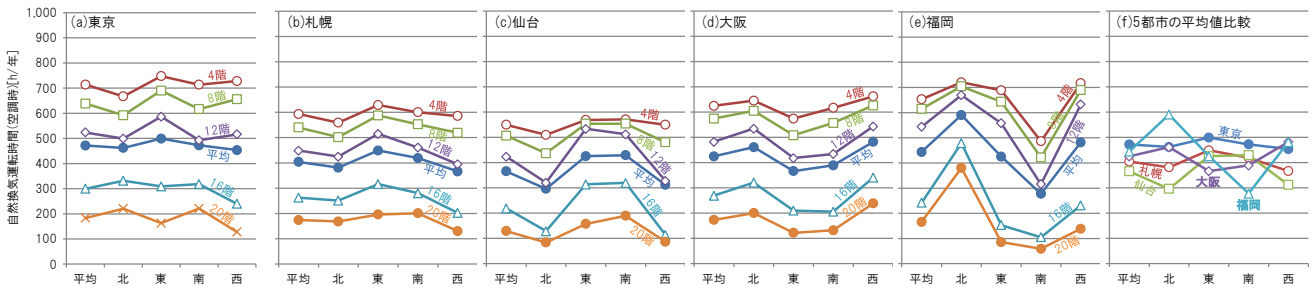


図4. 自然換気運転時間(空調時)(都市・方位・階のケーススタディ)

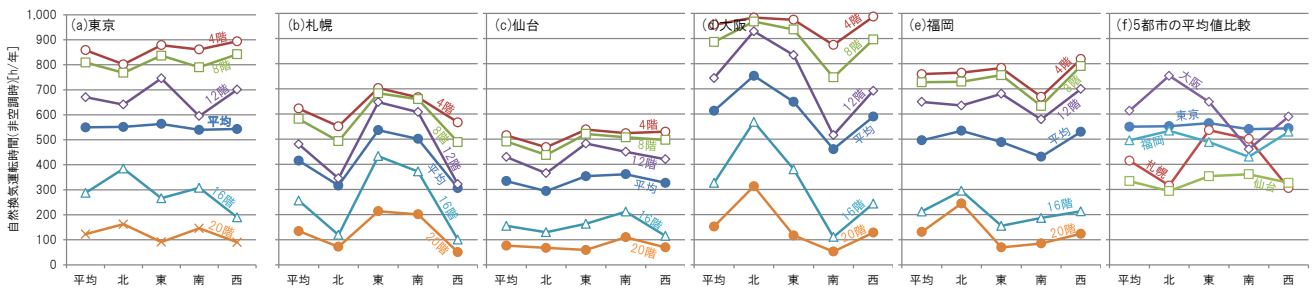


図5. 自然換気運転時間(非空調時)(都市・方位・階のケーススタディ)

3. 自然換気による装置冷房負荷削減量

自然換気に関わる各種パラメータを変更することによる、装置冷房負荷削減量を算定し、その効果の感度解析を行っているが、

「自然換気による装置冷房負荷削減量」

＝「自然換気なしの装置冷房負荷(インテリア+パレメータ)」

－「自然換気ありの装置冷房負荷(インテリア+パレメータ)」

として算定を行った。即ち、自然換気あり・なしの2つの計算を行い、装置冷房負荷積算値の差を算定した。よって、ペリメーターゾーンに導入された外気が、ゾーン間換気によりインテリアの装置冷房負荷を低減する効果や、非空調時間帯(夜間・休日)における自然換気による翌日の立上時の装置負荷低減効果も考慮した結果となっている。

4. 各都市における自然換気開口方位特性

図3～5に、代表5都市について方位毎の装置冷房負荷削減量と自然換気運転時間の試算を行った結果を示す。自然換気制御パラメータや自然換気口面積等は、表1に示す標準条件としている。

全般的には、4階等の下層階については、中性帯の下方へ距離が確保されているため、温度差換気による自然換

気効果が見込め、方位による差(比率)は小さいが、20階等の上層階については、無風時には流出側となる傾向となり、外部風向による差が顕著となり、各都市の特性が表れている。

東京・大阪・福岡の装置冷房負荷削減量、自然換気運転時間は似通っているものの、東京においては東・西方位、大阪においては北・西方位における効果が大きく、福岡においては南方位の効果小さいといった特性が表れている。札幌・仙台といった外気温度が低い地域の方が、自然換気運転時間及び装置冷房負荷削減量が少なくなっているが、これは、負荷自体が小さいことと自然換気許可条件のうち、外気下限温度を18℃としていることが起因している。

5. 各都市における自然換気開口面積特性

図6・7に、自然換気開口面積と装置冷房負荷削減量・削減率の関係を示す。各都市に共通して、自然換気開口面積が15～20cm²あたりを境界として、自然換気開口面積の増大による装置冷房負荷削減量への影響が鈍くなっている。また、中性帯の上下(具体的には12階と16階)により、装置冷房負荷の削減効果が大きく異なり、自然換気開口面積よりもボイド等による中性帯との位置関係

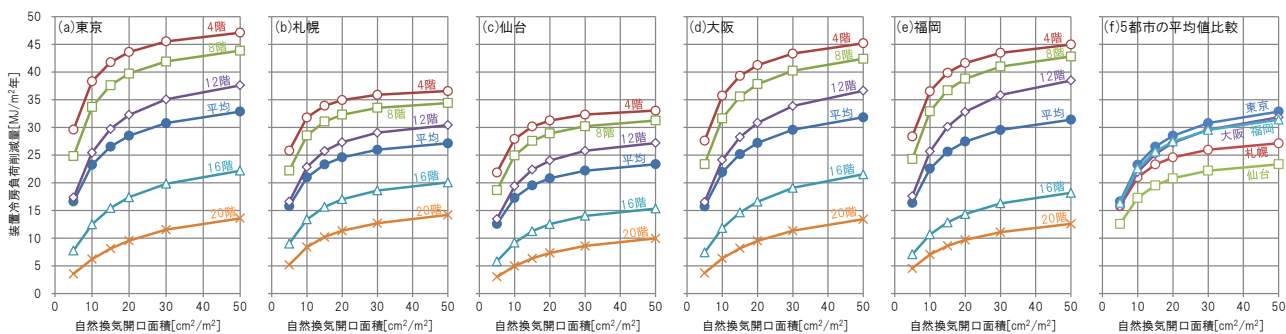


図 6. 装置冷房負荷削減量(都市・自然換気開口面積・階のケーススタディ、4 方位の平均値とした)

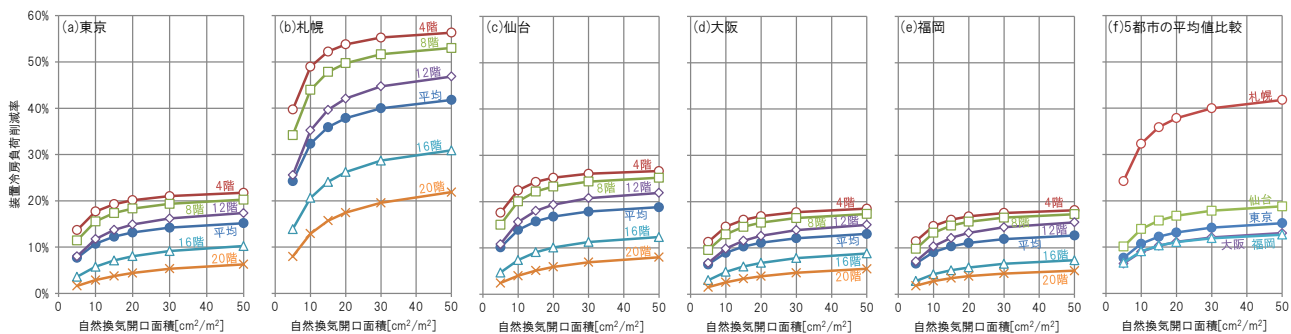


図 7. 装置冷房負荷削減率(都市・自然換気開口面積・階のケーススタディ、4 方位の平均値とした)

についての検討の重要性が示唆される。

東京・大阪・福岡の計算結果はおおむね同じ結果となっているが、東京における自然換気効果がやや大きい。札幌における自然換気による装置冷房負荷削減量は、自然換気開口面積 $20\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、階平均では $25\text{MJ}/\text{m}^2$ 年程度であり、東京・大阪・福岡に対して小さいものの、削減率の観点では 38% 程度と大きくなっている。

5. 機器発熱と装置冷房負荷削減量

図 8・9 に機器発熱を変更した場合の装置冷房負荷削減量と削減率を試算した結果を示す(標準条件は機器発熱 $15\text{W}/\text{m}^2$ であるが、これを $5 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 30\text{W}/\text{m}^2$ とした試算結果である。照明発熱は標準条件である $10\text{W}/\text{m}^2$ にて固定)。近年は省エネ型 OA 機器や高効率照明により内部発熱が下がる傾向にあり、今後もさらに進むと推測されるが、内部発熱が小さくなった場合は、自然換気口面積を大きくすることによる装置冷房負荷削減量の増大はあまり見込めず、逆に内部発熱が大きい(機器発熱 $30\text{W}/\text{m}^2$ 程度)の場合は、 $30\text{cm}^2/\text{m}^2$ 程度の自然換気開口を設けることが有効と判断される。

6. 外気温度下限値と装置冷房負荷削減量

図 10 に自然換気許可条件の 1 つである外気温度下限値を変更した場合の自然換気開口面積毎の装置冷房負荷削減量の試算結果を示す。外気温度下限値を低く設定するほど、室内外温度差の活用と自然換気運転時間拡大の観点で有利となるが、自然換気口近傍の執務者への影響を考慮すると、必要以上に下げることが不適切である。試算結果から、外気温度下限値を $18^\circ\text{C} \rightarrow 20^\circ\text{C}$ とすることによる装置冷房負荷削減量の減少が大きいので、 18°C 以下

に設定することが重要と判断される。

7. まとめ

自然換気に関するパラメータスタディを行った。基本計画段階において活用可能と考えられる。今回行ったケーススタディから以下のことが明らかとなった。

- 1) 都市・自然換気口面積・中性帯との位置関係といった建物形状に関わる要素や、機器発熱や自然換気制御条件といった実運用に関わる要素について、ケーススタディを行った結果を示した。基本設計段階における概略検討において有効であると思われる。
- 2) 中性帯よりも十分下方に位置する場合は、自然換気口の設置方位による差は小さいが、中性体より上方に位置する室については、方位により自然換気可能時間が異なり、地域特性を考慮することが大切である。
- 3) 外気取入温度下限値を 18°C 程度とした場合は、札幌・仙台における装置冷房負荷削減量は、東京・大阪・福岡のそれよりも小さい。札幌・仙台における自然換気効果を増大させるためには、自然換気口面積よりも自然換気許可条件である外気温度下限値を小さくすることを可能とする取り入れ方の検討も重要である。
- 4) 自然換気口面積(対象室床面積に対する自然換気開口面積)は、 $15 \sim 20\text{cm}^2/\text{m}^2$ あたりを境界として、装置冷房負荷削減量への効果が小さくなる傾向である。しかしながら、機器発熱が大きい($30\text{W}/\text{m}^2$ 程度)場合は、 $30\text{cm}^2/\text{m}^2$ 程度まで確保することが有効である。逆に機器発熱が小さい場合は自然換気口面積の拡大による効果は小さく、温度差換気の活用が効果的である。
- 5) 高層建物に自然換気を適用する場合、上層階において

は各階の自然換気口面積を大きくとったとしても、自然換気効果は望めない。エコボイド等の計画を適切に行うことが重要である。

- 6) 東京においては、自然換気許可条件の一つである外気温度下限値を 18℃→20℃とした場合の装置冷房負荷削減量の減少が大きい。18℃程度の外気取入を実施しても執務者への影響が少ない外気取入方法を検討することも重要である。

【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)、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: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)、工月良太(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤ER)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀典(鹿児島大学)、野瀬暁則(大林組)、野原文男、長谷川巖、滝澤総、二宮博史、丹羽勝巳、久保木真俊(以上、日建設計)、柳井崇、品川浩一、山本佳嗣(以上、日本設計、事務局:生稲清久、石田真理(建築環境・省エネルギー機構))

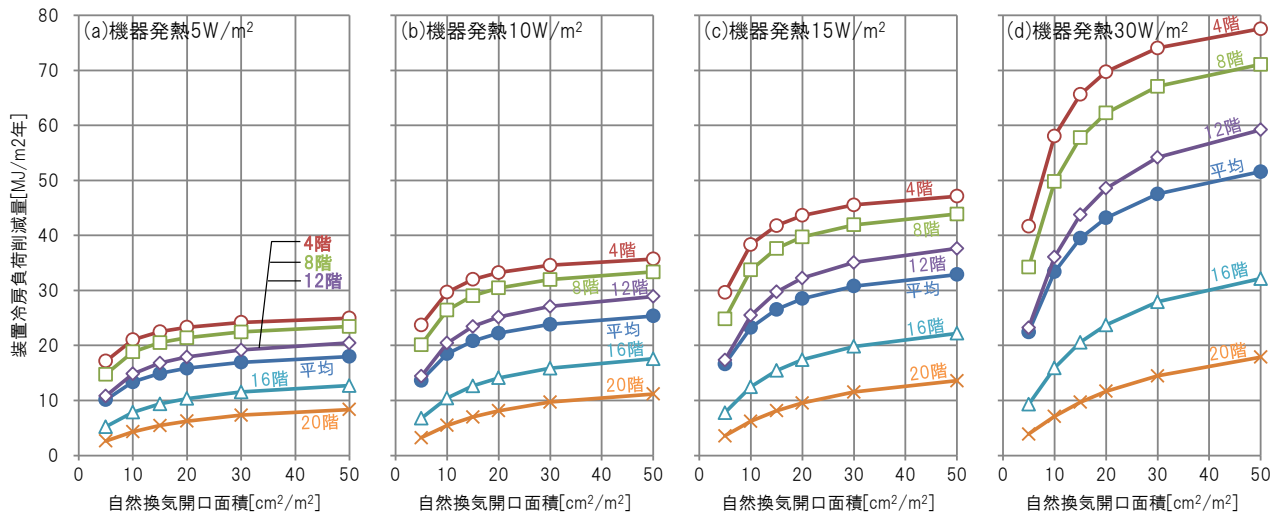


図 8. 装置冷房負荷削減量(機器発熱のケーススタディ・計算地点は東京)

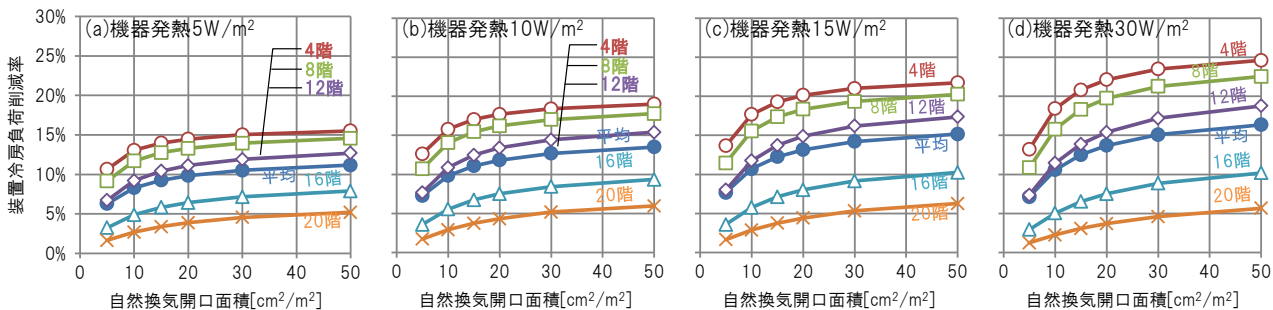


図 9. 装置冷房負荷削減率(機器発熱のケーススタディ・計算地点は東京)

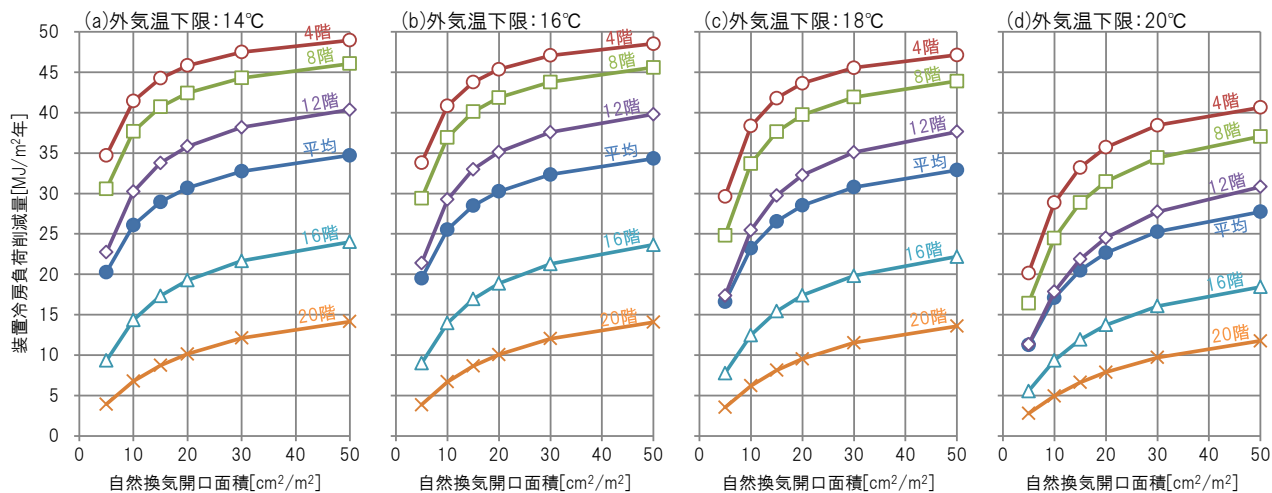


図 9. 装置冷房負荷削減量(自然換気条件である外気温度下限値のケーススタディ・計算地点は東京)