

昼間人口による津波避難における被害人口の変化

Evaluation of Tsunami Disaster Population in Tsunami Evacuation Considered Variance in Daytime Population

○藤田 謙一¹, 矢代 晴実²
Ken-ichi FUJITA¹ and Harumi YASHIRO²

¹千代田化工建設(株)

Chiyoda Corporation

²防衛大学校システム工学群建設環境工学科

Department of Civil and Environmental Engineering, National Defense Academy.

Differences of disaster population in tsunami evacuation is evaluated taking account of daytime and night time population. In evaluating the disaster population, probability function proposed by the author's method is used. Area-wide mesh is used estimation of the tsunami damaged populations. In evaluating damage population in each area-wide mesh, walking speed of crowded pedestrians is considered. Variations in the tsunami disaster population in daytime and night time for Meio typed earthquake and combined typed earthquake are shown.

Keywords: Tsunami evacuation, Tsunami damaged population, Daytime population, Probability of tsunami disaster population, Variance of walking velocity, Area-wide mesh,

1. はじめに

東日本大震災での被害人口の90%以上は津波によるものであり、巨大地震に対する被害想定を行う上で、津波に対する被害人口の想定は極めて重要である。中央防災会議では東日本大震災での被害を受けて、南海トラフ巨大地震による被害想定を検討し公表した¹⁾。これを受けて自治体においても被害想定を見直している。津波による人的被害を少なくするためには早期避難が第一と考えられるが、夜間に地震が発生した場合は昼間よりも避難に時間を要することが想定される。

本研究では、対象地域として逗子市のデータを参考に想定地震に対して、平時および混雑期における昼間と夜間における被害人口の違いを考察する。津波人的被害は著者らが提案している遡上津波の流速および避難速度のばらつきを考慮した津波避難における被害人口の推定方法^{2),3)}を用いて評価する。

2. 津波被害人口

津波被害人口は、著者らが提案する津波被害人口確率²⁾を用いて評価する。津波被害人口確率は、津波到達時間と避難行動時間の時間差で表される関数である。津波到達時間と避難行動時間はそれぞれ津波遡上流速および避難速度の関数として表し、両速度は正規分布に従うと仮定する。

津波遡上流速の平均値は浸水深とし、津波遡上流速のばらつきは、相田³⁾による津波痕跡高と計算値の空間的な適合度を表す指標である幾何標準偏差 ($\kappa=1.45$) を用いた。

歩行速度は中央防災会議の道路の混雑状況で表される関係式⁴⁾を用いる。道路の混雑状況は群衆密度で表される。群衆密度と歩行速度の関係を図-1に示す。歩行速度の平均値は群衆密度から求まる速度とし、ばらつきは0.1m/sとした。なお、夜間における歩行速度の平均値は

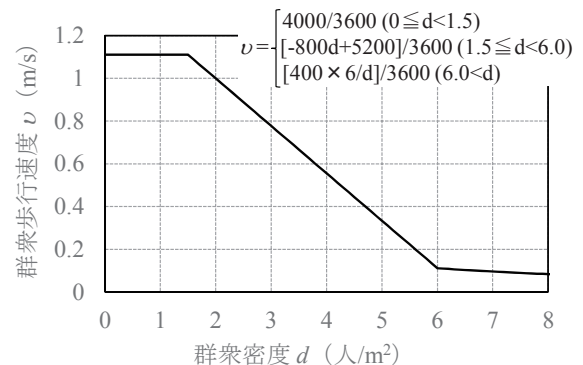


図-1 群衆密度と歩行速度の関係

昼間の0.8倍¹⁾とした。

津波被害人口確率を図-2に示す。横軸は津波到達時間と避難行動時間の時間差の無次元量、縦軸は津波被害人口の発生確率である。津波被害人口確率は津波到達時間と避難行動時間の各々の確率密度関数 $f_i(t)$ および $f_e(t)$ が重なる部分の面積で表される。

津波被害人口確率 P_R は次式で表される。

$$P_R = 1 - \Phi\left(\frac{\mu_P}{\sigma_P}\right) \quad (1)$$

ここに、 Φ は平均値 0、標準偏差 1 の標準正規分布関数である。

μ_P および σ_P はそれぞれ次式で表される。

$$\mu_P = \mu_T - \mu_E \quad (2)$$

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_E^2} \quad (3)$$

ここに、 μ_T は地震発生から海岸線に津波が到達するまでの時間と陸上に遡上した津波が避難先に到達するまでの時間との和の平均値、 μ_E は地震発生から避難を開始するまでの時間と避難先に向かうまで時間の和の平均値であ

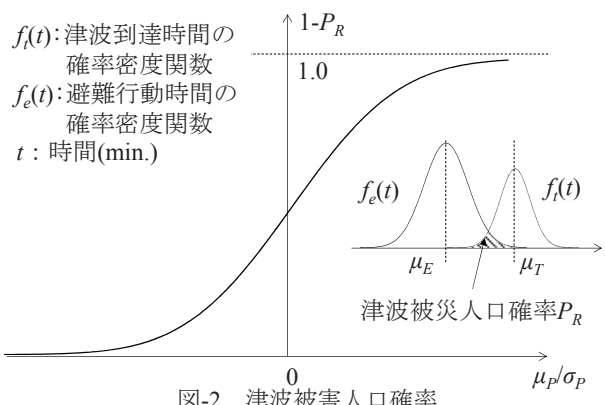


図-2 津波被害人口確率

る。 σ_T と σ_E はそれぞれ μ_T および μ_E のばらつきである。

3. 津波被害人口評価の考え方

本研究の津波被害人口の評価フローを図-3 に示す。評価は地域メッシュの考え方に基づいて行う⁷⁾。各メッシュについて人口構成、津波到達時間、津波浸水深および標高を設定する。避難距離は避難元（避難メッシュ）から避難先までの水平距離と標高差を考慮した距離の1.5倍⁷⁾とした。津波被害人口の発生確率は、各メッシュについて避難行動の違いを考慮して(1)式により算出した P_R に浸水深ごとの人的被害関数⁶⁾を乗じて算出する。

4. 津波被害人口の評価

平時および混雑時における昼間および夜間の人口変化をパラメータとして、津波被害人口を評価する。対象地域は逗子市を想定し、海岸近傍を $200\text{m} \times 200\text{m}$ の正方形メッシュで分割した。被害人口評価は図-4 に示す海岸線の2つのメッシュについて行った。逗子市の昼間人口は47,297人、夜間人口は58,302人である⁷⁾。混雑時は海水浴シーズン（6月下旬～8月末）を想定した。海水浴場客は2005年～2006年の10年間の平均で約434,000人である⁷⁾。被害人口評価ではメッシュAとBに海水浴客を

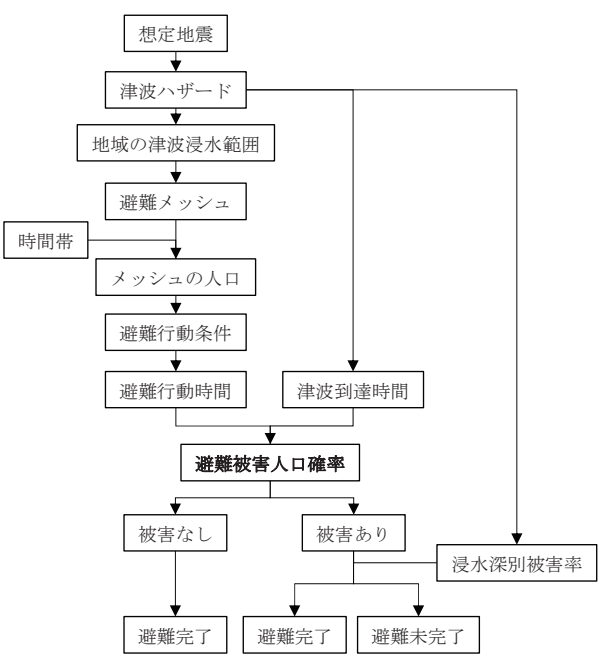


図-3 津波被害人口の評価フロー

表-1 メッシュの設定条件

	メッシュA	メッシュB
海岸線からの距離(m)	0	0
評価用避難距離(m)	1084.6	424.3
標高(m)	2	0
避難先との標高差(m)	53	3

表-2 メッシュ人口に対する避難意識の違い

避難意識	避難に対する意識率(%)			
	直接避難 (意識高)	用事後避難 (意識低)	切迫避難 (意識低)	避難しない (意識低)
高	80	10	5	5
中間	50	25	15	10
低	15	35	30	20

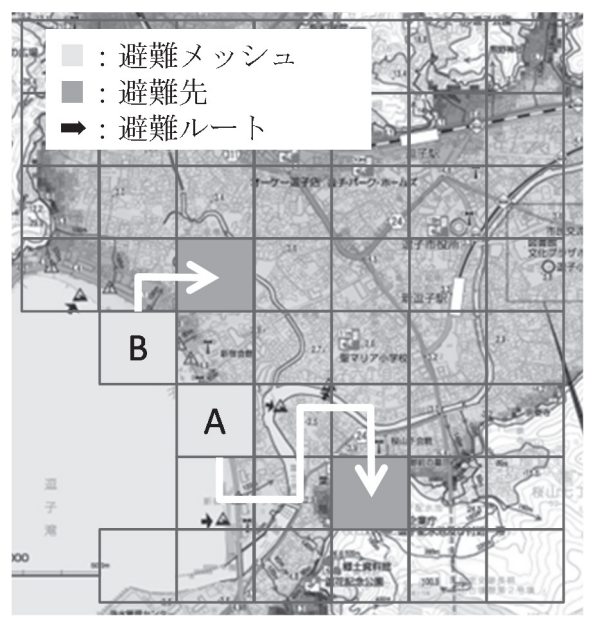


図-4 避難メッシュ

含め、メッシュの人口変化は群衆密度の違いとした。また、被害人口の評価において避難意識の違いを設定した。

避難ルートを図-4 に示す。メッシュAは海岸に近く、避難場所までの距離は遠い。避難場所は高台の公園で高低差が大きい。避難は海岸に並行するルートが多く、河川があるため橋を横断する箇所がある。メッシュBは海岸に近く、避難場所に近いエリアである。本評価に用いたメッシュの設定条件を表-1 に示す。

津波到達時間および津波高さは、逗子市の災害想定における明応型地震のデータ（津波到達時間59分、津波高さ8.94m）および連動型地震（元禄型関東地震と神縄・国府津-松田断層帯の連動地震）のデータとした（津波到達時間28分、津波高さ6.55m）⁸⁾。

津波に対する避難意識の違いは、直接避難（意識高）、用事後避難（意識低）、切迫避難（意識低）、および避難しない（意識低）に分類し、メッシュの人口に対する避難意識の比率を設定する。避難意識は、意識高い、意識低いおよびその中間の3パターンとした。メッシュの人口に対する避難意識の比率を表-2 に示す。

平時のメッシュの年齢層は中年層（31～60歳）を仮定し、群衆密度は $0 \sim 1.5$ 人/ m^2 の平均歩行速度（1.11m/s）とした。混雑時の群衆密度は 4 人/ m^2 （0.556m/s）および 5

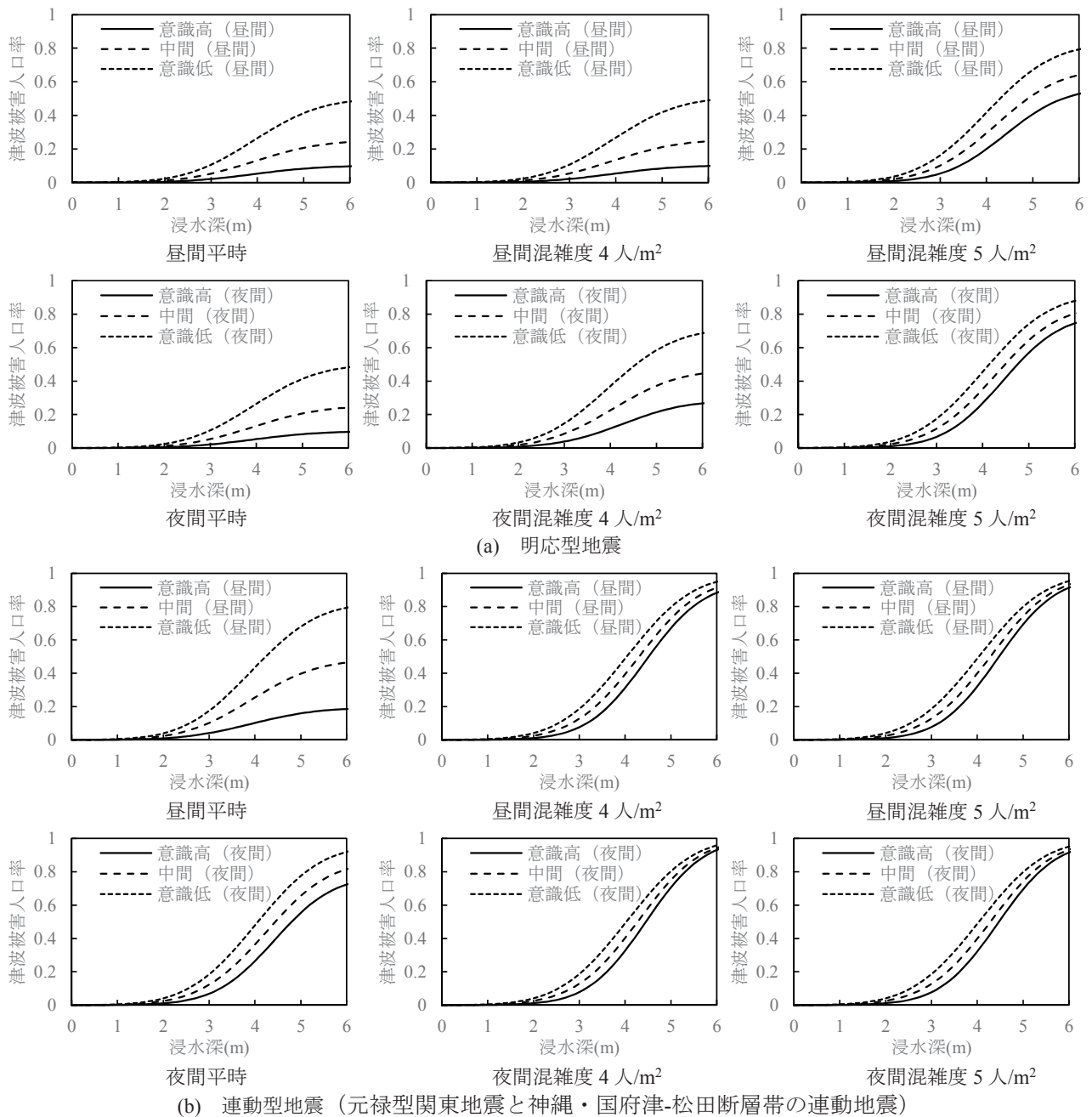


図-5 昼間および夜間のメッシュ A の被害人口

人/m² (0.333m/s) の 2 ケースとした。なお夜間における平均速度は昼間の 0.8 倍とした。歩行速度のばらつきは昼間も夜間も 0.1m/s とした。

平時および混雑時における昼間および夜間の人口変化によるメッシュ A および B の津波被害人口の発生確率をそれぞれ図-5 および図-6 に示す。図の横軸はメッシュの浸水深、縦軸は津波被害人口確率である。

津波被害人口の割合はメッシュ A および B ともに地震発生から津波到達までの時間が大きく影響し、津波到達時間の短い連動型で被害人口の割合が高い。また、避難に対する意識が高いほど津波被害人口の発生割合は全体的に低い傾向にある。

海岸に近く避難距離の長いメッシュ A では、津波到達時間の長い明応型地震に対しては避難人口の混雑度が増しても避難意識による被害人口の違いが現れている。津波到達時間の短い連動型に対しては混雑度が増すと昼間

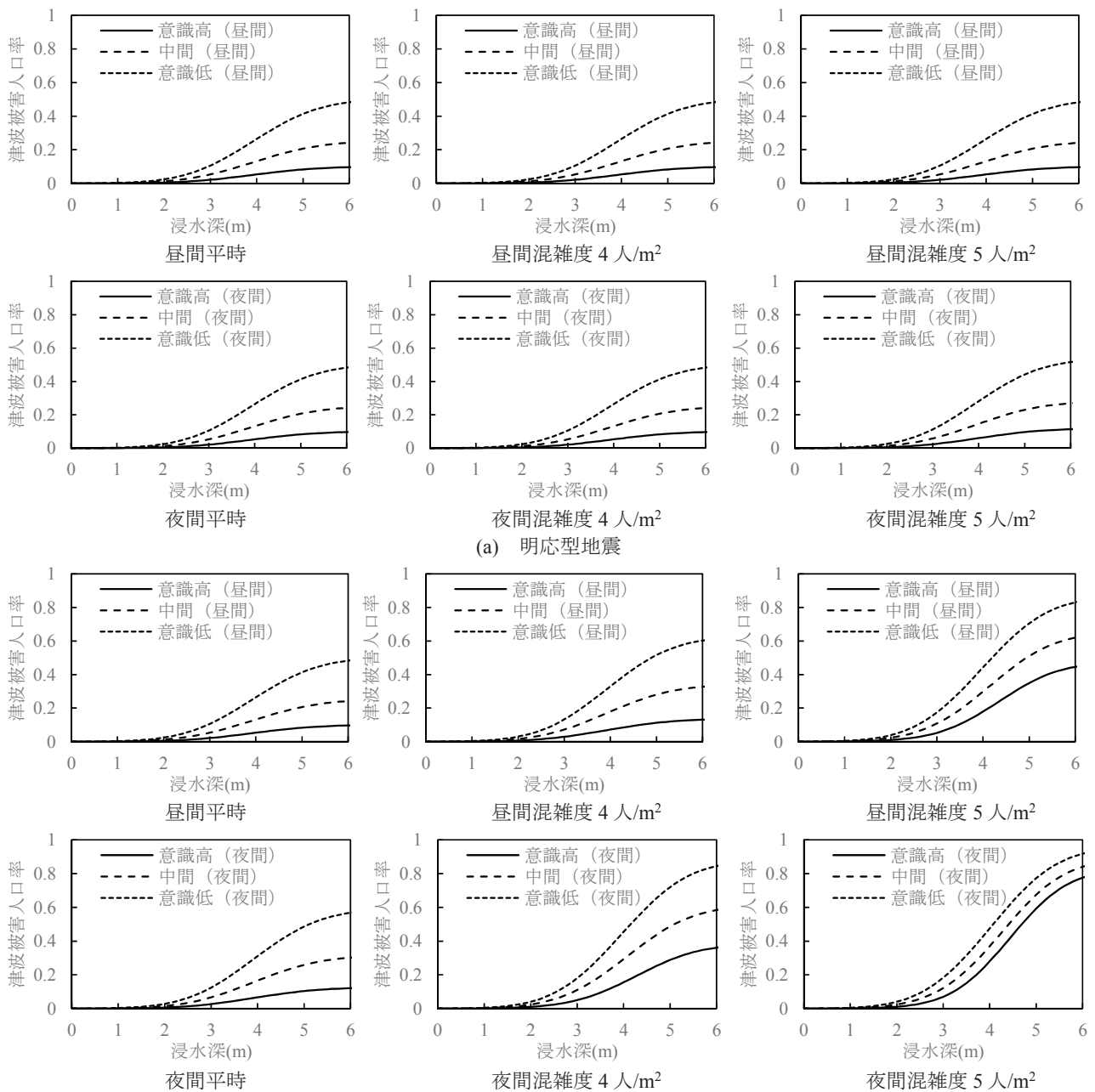
でも夜間でも避難意識による被害人口の差は小さくなる(図-5)。

海岸に近く避難場所も近いメッシュ B では、明応型地震に対し、昼間および夜間ともに混雑度にかかわらず被害人口の違いは見られない。連動型地震に対しては、昼間および夜間ともに混雑度が増すと被害人口は増加する。夜間で混雑度が高くなるほど被害人口の避難意識による差は小さいが、他の条件では避難意識の違いが現れている(図-6)。

5. まとめ

著者らの提案する津波被害人口評価の考え方を用いて、平時および混雑時における昼間および夜間の人口変化をパラメータとして、津波避難意識の違いによる津波被害人口の発生確率を評価した。

本研究のまとめを以下に示す。



(a) 明応型地震

(b) 連動型地震 (元禄型関東地震と神縄・国府津-松田断層帯の連動地震)

図-6 昼間および夜間のメッシュBの被害人口

- 1)津波避難における被害人口の発生確率は、地震発生から津波到達までの時間の長短による影響が大きい。
- 2)避難において混雑度が増すと昼間でも夜間でも被害人口の発生確率は高くなるが、避難場所までの移動距離が短い、すなわち避難場所までの移動時間が短いと被害人口の発生確率は小さくなる。
- 3)避難場所までの移動距離が長くなると被害人口の避難意識による違いは短くなる。
- 4)津波避難に関する意識が高いほど、津波避難における被害人口の発生確率は低くなる。

参考文献

- 1)中央防災会議：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告），2013.3.
- 2)藤田謙一，矢代晴実：津波避難リスク評価における津波避難

- 人的影響関数の構築，地域安全学会 東日本大震災特別論文集，No.3，pp.5-8，2014.
- 3)藤田謙一，矢代晴実：避難速度のばらつきを考慮した津波被害人口の評価，地域安全学会梗概集，No.36，pp.59-62，2015.
- 4)相田勇：三陸沖の古い津波のシミュレーション，東京大学地震研究所集報，第52冊第1号，pp.71-101，1977
- 5)中央防災会議 首都直下地震避難対策等専門調査会：帰宅行動シミュレーション手法について，2007.
- 6)越村俊一 他：津波被害関数の構築，土木学会論文集 B，Vol.65，No.4，pp.320-331，2009.
- 7)神奈川県逗子市ホームページ，<http://www.city.zushi.kanagawa.jp/>
- 8)神奈川県県土整備局：新たな津波浸水予測図解説書，http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/life/901723_2800225_misc.pdf，2012.3.