

7-15

日本国内における送電系統網を考慮した風力発電導入可能量の算定

日大生産工(院) ○池ヶ谷 辰哉
日大生産工 長井 浩
日大生産工 柴田 耕一

1. はじめに

2010年10月現在、わが国では国が策定した2010年度風力発電導入目標値300万kWの達成が困難な現状になっている。しかし、世界全体の2009年風力発電累積導入量は、前年比約32%増加し風力発電累積導入量10位以内（ドイツ、デンマーク除く）の国々でも前年比約15%増加している。

わが国の風力発電導入促進のため、文献1では、従来ハブ高30m級の風力発電機で試算された導入目標値を、当時主流であったハブ高60m級の風力発電機を対象として再試算を行った。¹⁾近年ハブ高80m級の大型風力発電機の導入が増加したことから、本稿では地上高80mの風速で現実的な導入へ向けた提言をするため、土地利用や標高条件に加え、自然公園など法規制区域、都市計画区域、居住地からの距離、道路からの距離、送電線設置状況を考慮した日本国内の風力発電導入可能なエリアの特定ならびに同面積の算出を行った。

2. 解析方法

解析には地理情報システム(GIS)を援用し、各データを幾何形状に属性情報が付加されるベクトル型ポリゴンに変換して解析を行った。導入条件を表1に示す。

風速条件 地表面・海面80m高のデータから北海道の陸上部分を抽出し、風力発電機導入の経済性を考慮して、年平均風速6.0m/s以上を基準としている。風速データは、伊藤忠テクノソリューションズ(株)の風況マップWinPAS(2000年の1kmメッシュデータ)を内挿処理し、500mメッシュに変換した地上高80mの年平均風速を用いた。

土地利用条件 風力発電が導入された実績のある地目のうち、その他農用地・森林・荒地・海浜を導入可能条件とした。土地利用データは、国土交通省国土計画局参事官室公開(JPGIS)の土地利用細分メッシュ(100mメッシュ)を用いた。

標高条件 標高が高くなるにつれ平坦地が減少し傾斜地が多くなり、建設・搬入コストが上昇することや積雪時の保守・点検の容易性観点から標高1,000m未満を導入可能条件とした。数値地図50mメッシュから変換し作成した標高100mメッシュデータを用いた。

法規制条件 国立・国定公園は、厳重に景観の維持を図る必要のある特別保護地区と特別保護地区に準ずる景観を

有する第1種特別地域を除外し、都道府県立自然公園は第1種特別地域を除外する。原生自然環境保護地域、自然環境保全地域、国指定鳥獣保護区、世界自然遺産地域についても同様に除外する。原生自然環境保護地域、自然環境保全地域、国指定鳥獣保護区、世界自然遺産地域は自然環境情報GISのデータを用いており、公園については自然環境情報GISと研究室で作成したデータを用いた。

都市計画条件 都市計画法に基づき指定された既に市街地を形成している区域及びおおむね10年以内に優先的、計画的に市街化を図るべき区域である市街化区域を除外する。国土交通省国土計画局参事官室公開の都市地域データを用いた。

居住地からの距離条件 騒音問題回避のため、居住地から500m以内の地域を除外する。居住地から500mの距離データは、総務省地域メッシュ統計から作成した居住地データから500m以内の領域データを用いた。

道路からの距離条件 経済性ならびに風力発電機搬送の観点から、幅員3.0m以上道路から10km以内の地域を導入可能条件とした。数値地図25000(空間データ基盤)の道路データから10km以内の領域データを用いた。

送電系統網からの距離条件 風力発電機で発電した電気を売電するためには、送電網が必要である。本稿では、30km圏内の送電網への連系実績を考慮し、送電線から30km圏内を導入可能条件とした。地図画像から送電線をデジタル化し、同ラインから30km以内の領域データを作成し用いた。

表1 陸上風力発電導入条件

条件項目	開発可能条件	開発不可条件
風速	6.0m/s以上	6.0m/s未満
土地利用	その他農用地、森林、荒地、海浜	田、建物用地、幹線交通用地、その他用地、河川および湖沼、海水域、ゴルフ場
標高	1,000m未満	1,000m以上
法規制	国立・国定・都道府県立自然公園(第2種特別地域、第3種特別地域、普通地域)	国立・国定・都道府県立自然公園(特別保護地区、第1種特別地域) 原生自然環境保護地域 自然環境保全地域 国指定鳥獣保護区 世界自然遺産地域
都市計画	市街化区域外	市街化区域内
居住地からの距離	500m圏外	500m圏内
幅員3.0m以上の道路からの距離	10km圏内	10km圏外
送電線からの距離	30km圏内	30km圏外

The estimate of wind power potentials in Japan based on transmission network
Tatsuya IKEGAYA, Hiroshi NAGAI, and Koichi SHIBATA

3. 解析結果

3.1 風速マップ 陸上ならびに沿岸域における 80m 高風速マップを作成した。同マップを図 1 に示し、文献 1 で使用した 60m 高と本稿使用の 80m 高の基準風速（年平均風速 6.0m/s）以上エリア面積を表 2 に示す。図 1 より、高風速エリアは沿岸域や山岳地域に存在し、北海道、東北電力管内に広く存在するのが確認出来る。表 2 より、80m 高で基準風速以上面積は 91,874km² で東京都面積(2,187)の約 35 倍で、国土の約 25%に広がっている。60m 高と比較すると国土全体で約 3%増加し、北海道では 8%以上基準風速以上の面積が増加した。

表 2 基準風速以上面積 (60m, 80m 高比較)

電力会社	管轄区域	単位: km ²			
		60m高		80m高	
		6.0-	6.0m/s以上 /管轄区域	6.0-	6.0m/s以上 /管轄区域
北海道	79,099	21,928	27.7%	28,614	36.2%
東北	79,895	18,843	23.6%	21,857	27.4%
東京	39,667	3,615	9.1%	4,911	12.4%
北陸	12,091	2,289	18.9%	2,367	19.6%
中部	39,439	6,716	17.0%	7,046	17.9%
関西	28,710	5,678	19.8%	5,700	19.9%
中国	32,267	5,614	17.4%	5,777	17.9%
四国	18,442	3,710	20.1%	3,456	18.7%
九州	42,318	9,006	21.3%	9,928	23.5%
沖縄	2,311	2,061	89.2%	2,218	96.0%
合計	374,241	79,459	21.2%	91,874	24.5%

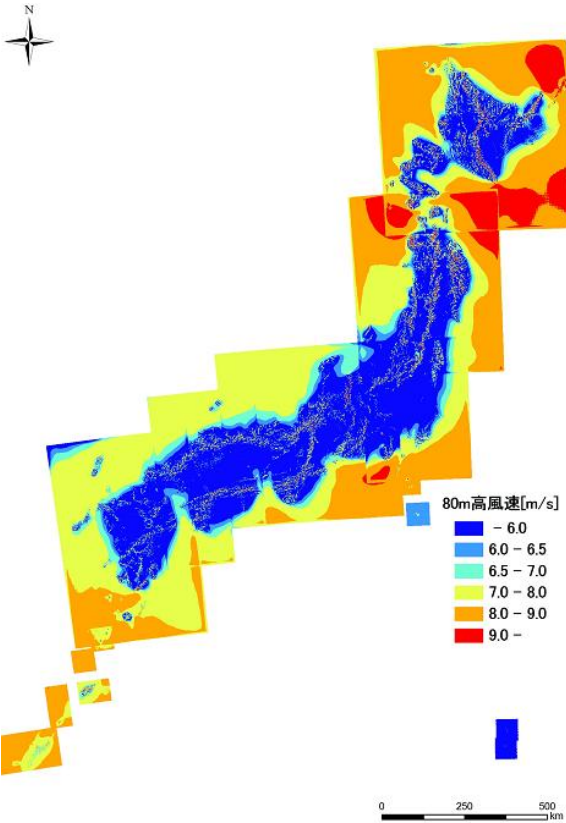


図 1 風速マップ (80m 高)

3.2 基準風速以上・その他農用地・森林・荒地・海浜・標高 1,000m 未満エリア 風速ならびに土地利用、標高条件を考慮し、基準風速以上・その他農用地・森林・荒地・海浜・標高 1,000m 未満エリアを作成し面積を算出した。同エリアを図 2 に示し、面積を表 3 に示す。図 2 より、風速・土地利用・標高条件適合エリアは、3.1 の高風速エリアから山岳地域を除いたエリアに存在し、北海道や東北、九州電力管内に高風速エリアが偏在していることが判る。表 3 より、条件適合エリアは 72,191km² で、国土の約 19%を占めており、北海道、東北、九州、沖縄電力管内では 20%以上を占めていることが判る。

表 3 風速・土地利用・標高条件適合エリア面積

電力会社	管轄区域	単位: km ²	
		条件適合エ リア	条件適合エリ ア/管轄区域
北海道	79,099	24,649	31.2%
東北	79,895	17,027	21.3%
東京	39,667	2,520	6.4%
北陸	12,091	1,508	12.5%
中部	39,439	3,481	8.8%
関西	28,710	5,093	17.7%
中国	32,267	5,311	16.5%
四国	18,442	2,374	12.9%
九州	42,318	8,449	20.0%
沖縄	2,311	1,778	76.9%
合計	374,241	72,191	19.3%

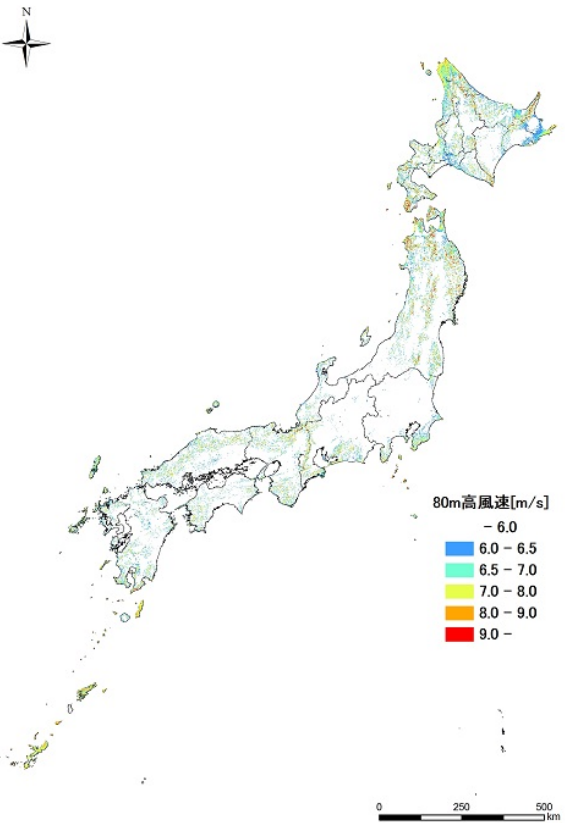


図 2 風速・土地利用・標高条件適合エリアマップ

3. 3 基準風速以上・その他農用地・森林・荒地・海浜・標高1,000m未満・法規制区域除外エリア 2010年10月現在、国内には国立公園が29箇所、国定公園が55箇所、都道府県立自然公園は308箇所存在する。また、原生自然環境保全地域は5箇所、自然環境保全地域は10箇所、国指定鳥獣保護区は66箇所、世界自然遺産地域は3箇所存在する。3.2で作成した風速・土地利用・標高条件適合エリアと法規制区域(国立・国定公園の特別保護地区・第1種特別地域、都道府県立自然公園の第1種特別地域、原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、国指定鳥獣保護区、世界自然遺産地域)が重複するエリアを除外したエリアを作成し、電力会社別に面積を算出した。算出結果を表4に示す。表4より、除外する法規制区域は国土面積の約4%に相当し、3.2で作成した風速・土地利用・標高条件適合エリアから法規制区域を除外した面積は69,824km²で国土の約19%を占め、法規制区域除外前後のエリア面積を比較すると、約0.6%の差であった。

3. 4 基準風速以上・その他農用地・森林・荒地・海浜・標高1,000m未満・法規制区域除外・都市計画区域除外・居住地500m圏内除外・幅員3.0m以上道路10km圏内エリア 風速・土地利用・標高・法規制条件を考慮し、3.3で作成した条件適合エリアと市街化区域、居住地から500m圏内エリアを重ね合わせ重複するエリアを除外し、幅員3.0m以上道路から10km圏内エリアと重ね合わせたエリアを作成した。風速・土地利用・標高・法規制・都市計画・居住地・道路条件適合エリアを図3に示し、風速・土地利用・標高・法規制条件適合エリアに都市計画、居住地、道路条件を付加させ電力会社別に算出した結果を表5に示す。図3より、図2と比較すると国土の全域で適合エリアが減少したことが判る。特に、北海道電力管内の根室や石狩周辺、東北電力管内の青森県の八戸市や秋田県の男鹿半島周辺、東京電力管内の千葉県房総半島や静岡県三浦半島、中部電力管内の静岡県や愛知県全域で適合エリアが減少したことが確認できる。表5より、表4と比較すると、都市計画条件を付加させただけでは大きな影響は無く、国土の約18.6%が適合エリアであったが、居住地から500m圏内を除外したことで、国土の約12.7%まで

表4 風速・土地利用・標高・法規制条件適合エリア面積

単位: km²

電力会社	管轄面積	法規制区域	法規制区域/ 管轄区域	条件適合 エリア	条件適合エリ ア/管轄区域
北海道	79,099	4,785	6.0%	23,761	30.0%
東北	79,895	4,299	5.4%	16,065	20.1%
東京	39,667	875	2.2%	2,465	6.2%
北陸	12,091	1,489	12.3%	1,498	12.4%
中部	39,439	1,807	4.6%	3,437	8.7%
関西	28,710	245	0.9%	5,051	17.6%
中国	32,267	389	1.2%	5,275	16.3%
四国	18,442	279	1.5%	2,365	12.8%
九州	42,318	1,097	2.6%	8,186	19.3%
沖縄	2,311	109	4.7%	1,721	74.5%
合計	374,241	15,375	4.1%	69,824	18.7%

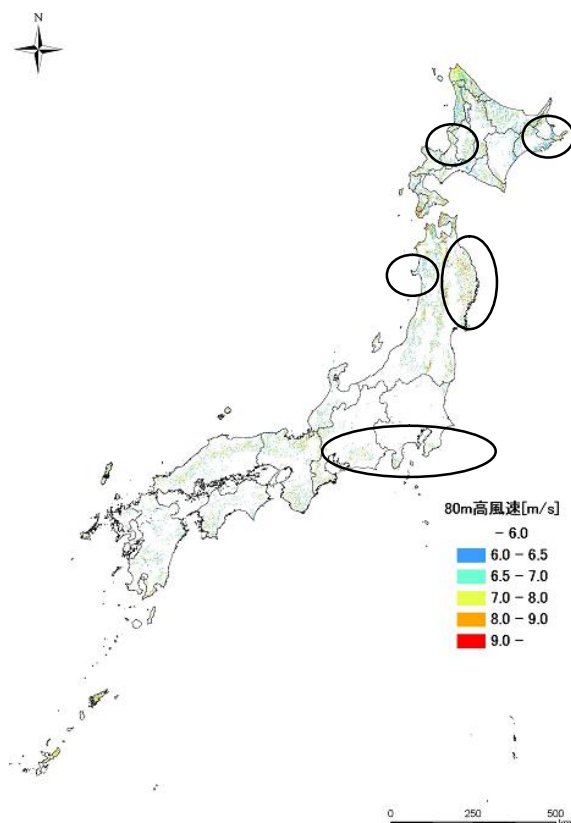


図3 風速・土地利用・標高・法規制・都市計画・居住地・道路条件適合エリアマップ

表5 風速・土地利用・標高・法規制条件適合エリアと諸条件適合エリア面積

単位: km²

電力会社	管轄区域	都市計画/ 管轄区域	居住地 500m圏内/ 管轄区域	道路10km 圏内/管轄 区域	条件(風速・土地利用・標高・法規制に付加)					
					+都市計画		+都市計画 +居住地		+都市計画 +居住地+道路	
					管轄区域 比	管轄区域 比	管轄区域 比	管轄区域 比	管轄区域 比	管轄区域 比
北海道	79,099	1.2%	32.6%	100.0%	23,632	29.9%	18,970	24.0%	18,959	24.0%
東北	79,895	1.8%	51.7%	100.0%	16,010	20.0%	12,162	15.2%	12,162	15.2%
東京	39,667	12.0%	74.3%	99.9%	2,406	6.1%	743	1.9%	743	1.9%
北陸	12,091	2.5%	53.6%	100.0%	1,494	12.4%	1,066	8.8%	1,066	8.8%
中部	39,439	5.1%	57.1%	100.0%	3,415	8.7%	1,904	4.8%	1,904	4.8%
関西	28,710	8.7%	66.5%	100.0%	5,036	17.5%	3,732	13.0%	3,732	13.0%
中国	32,267	3.0%	77.4%	100.0%	5,261	16.3%	3,031	9.4%	3,031	9.4%
四国	18,442	1.7%	66.3%	100.0%	2,356	12.8%	1,464	7.9%	1,464	7.9%
九州	42,318	3.0%	74.3%	99.9%	8,156	19.3%	3,821	9.0%	3,806	9.0%
沖縄	2,311	3.9%	61.8%	99.6%	1,701	73.6%	716	31.0%	714	30.9%
合計	374,241	3.9%	57.4%	100.0%	69,467	18.6%	47,609	12.7%	47,580	12.7%

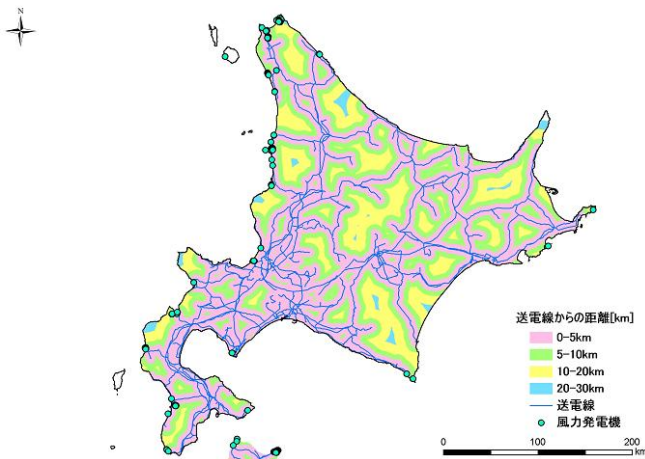


図4 送電線からの距離，既設風力発電機マップ(北海道)

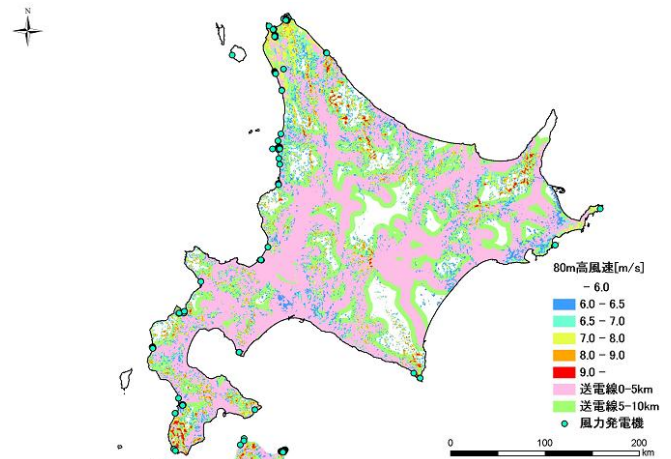


図5 条件適合エリアマップ(送電線10km圏内 北海道)

表6 送電線からの距離面積

電力会社	管轄区域	送電線からの距離[km]						単位: km ²
		0-5	0-5km/ 管轄区域	0-10	0-10km/ 管轄区域	0-20	0-20km/ 管轄区域	
北海道	79,099	44,258	56.0%	64,315	81.3%	77,607	98.1%	78,626
東北	79,895	59,613	74.6%	75,571	94.6%	79,879	100.0%	79,894
東京	39,667	34,955	88.1%	39,041	98.4%	39,260	99.0%	39,289
北陸	12,091	10,328	85.4%	11,943	98.8%	12,090	100.0%	12,091
中部	39,439	34,222	86.8%	39,021	98.9%	39,439	100.0%	39,439
関西	28,710	24,469	85.2%	27,793	96.8%	28,710	100.0%	28,710
中国	32,267	25,789	79.9%	31,230	96.8%	32,155	99.7%	32,203
四国	18,442	13,995	75.9%	17,612	95.5%	18,426	99.9%	18,442
九州	42,318	32,181	76.0%	39,236	92.7%	41,419	97.9%	41,602
沖縄	2,311	884	38.3%	1,050	45.4%	1,245	53.9%	1,408
合計	374,241	280,695	75.0%	346,814	92.7%	370,231	98.9%	371,703

減少し，北海道，九州，沖縄電力管内では約5%以上の減少であった。道路条件については，国土のほぼ100%が幅員3.0m以上道路の10km圏内であったため影響が無く，風速・土地利用・標高・法規制・都市計画・居住地・道路条件適合エリアは47,580 km²で国土の約12.7%であった。

3.5 送電線からの距離 33kV以上送電線から5, 10, 20, 30kmの距離領域データを作成し，電力会社別に面積を算出した。一例として北海道電力管内の送電線ならびに送電線からの各距離の領域を図4に示し，各電力会社管内の送電線距離領域面積を表6に示す。図4に示すように，北海道電力管内では送電線から10km圏内エリアで管轄区域の大半を占めているのが確認できる。また，表6からも沖縄電力を除く9電力会社で，送電線から10km圏内で各電力会社管轄区域面積の80%以上を占めているのが判る。

3.6 基準風速以上・その他農用地・森林・荒地・海浜・標高1,000m未満・法規制区域除外・都市計画区域除外・居住地500m圏内除外・幅員3.0m以上道路10km圏内・送電線30km圏内エリア 3.4で作成した風速・土地利用・標高・法規制・都市計画・居住地・道路条件を満たすエリアと3.5で作成した既設の送電線から5, 10, 20, 30km圏内のエリアを重ね合わせ，30km圏内の条件適合エリアを作成し，電力会社別に面積を算出した。一例として，北海道電力管内で送電線から10km圏内の風速・土地利用・標高・法規制・都市計画・居住地・道路条件を満たす条件適合エリアを図5に

表7 風速・土地利用・標高・法規制・都市計画・居住地・道路条件適合エリア面積(送電線距離別)

電力会社	管轄区域	送電線からの距離[km](条件適合エリア)				送電線0-5km圏内/管轄区域	送電線0-10km圏内/管轄区域	送電線0-30km圏内/管轄区域	単位: km ²
		0-5	0-10	0-20	0-30				
北海道	79,099	8,590	14,265	18,483	18,776	10.9%	18.0%	23.7%	
東北	79,895	7,452	11,018	12,156	12,162	9.3%	13.8%	15.2%	
東京	39,667	497	638	638	643	1.3%	1.6%	1.6%	
北陸	12,091	861	1,048	1,066	1,066	7.1%	8.7%	8.8%	
中部	39,439	1,607	1,857	1,904	1,904	4.1%	4.7%	4.8%	
関西	28,710	2,804	3,498	3,732	3,732	9.8%	12.2%	13.0%	
中国	32,267	1,932	2,798	2,999	3,010	6.0%	8.7%	9.3%	
四国	18,442	891	1,374	1,463	1,464	4.8%	7.5%	7.9%	
九州	42,318	2,171	3,195	3,562	3,624	5.1%	7.6%	8.6%	
沖縄	2,311	116	157	204	317	5.0%	6.8%	13.7%	
合計	374,241	26,921	39,850	46,207	46,699	7.2%	10.6%	12.5%	

示し，電力会社別に算出した面積を表7に示す。表7より，送電線30km圏内の風速・土地利用・標高・法規制・都市計画・居住地・道路条件適合エリアは46,699 km²で，送電線条件適用前(47,580km²)から約0.2%減少したに過ぎないことが判る。さらに，送電線5km圏内に条件適合エリアの約57%(26,921km²)，10km圏内に約84%(39,850km²)存在し，東京・中部・関西電力管内合計では5km圏内で4,909km²，10km圏内で5,994km²の条件適合エリアが存在する。図5より，北海道電力管内の条件適合エリアのほとんどが送電線から10km圏内に存在するのが確認できる。

4. まとめ

1. 地上高80mの基準風速(6.0m/s)以上面積は91,874km²で，国土の約25%が風速適地範囲である。
2. 風速・土地利用・標高条件適合エリアは72,191km²で，国土の約19%である。
3. 風速・土地利用・標高・法規制・都市計画・居住地・道路条件適合エリア面積は47,580 km²で国土の約13%である。
4. “3の条件”を満たす適合エリアは，送電線から10km圏内に約84%，30km圏内にほぼ100%存在する。

5. 参考文献

- 1) 長井，池ヶ谷：国土土地利用区分に基づく風力発電期待可採量の推定，JWEA 第31回風力エネルギー利用シンポジウム講演論文集，pp233～236，2009