

衛星データを用いた沿岸都市域の熱収支の推定

建設技術研究所 正会員 草場智哉
筑波大学構造工学系 正会員 武若 聡*
九州大学工学部 正会員 入江 功

1. 研究の目的

福岡市の西部地区では1984年から1987年にかけて約140haに及ぶ埋立が行われた(図1)。埋立地は「よかとぴあ博覧会(1989年開催)」の会場として使用され、博覧会終了後は住宅、商業、文教地として利用され現在に至っている。この埋立による地表面の改変や、埋立地の都市化に伴って、沿岸部の熱環境は大きく変化したと考えられる。埋立地に隣接する福岡市街地は、年間を通じて北系の風(海風)が卓越しているため、この埋立により風上となる海岸線から約1km後退したことになる。埋立による気象学的な影響は、埋立地背後の福岡市街地にも及んでいたことが予想される。

本研究ではこの地区の熱収支を衛星データと福岡管区気象台における気象観測データ及び高層観測データを用いて推定し、埋立や土地利用状況の変化に伴う埋立地の熱的特性の変化を抽出することを試みた。地表面の熱収支^[2]を推定するには、短波放射(日射)・長波放射の収支と潜熱・顕熱・表面下への熱流の収支を推定する必要がある。本研究では、短波放射と長波放射の収支の見積りについて述べる。

2. LANDSAT衛星データ

解析にはLANDSAT衛星のTMデータ^[1]を用いた。アルベドの推定には、太陽光の地上物質による反射光が支配的な可視・近赤外域と短波長赤外域の波長帯にあたる、TM1, 2, 3, 4, 5及び7バンドのデータを用いた。表面温度の推定には、熱赤外域の波長帯にあたるTM6バンドのデータを用いた。解析に用いた衛星データの観測日時、福岡の気象を表1に示す。

3. 推定方法

アルベドの推定: アルベド(α)は、波長 $0.4\mu\text{m}\sim 2.5\mu\text{m}$ の地表面直上での上方向放射輝度 U を、日射のエネルギー $S\downarrow$ で割ることにより求めた。 U は大気補正したTMデータから求めた^[3]。 $S\downarrow$ は福岡管区気象台での観測値を用いた。地表面からセンサまでの大気の透過率は、福岡管区気象台において観測された高層観測デー

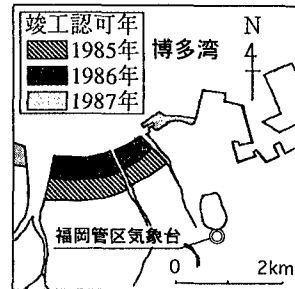


図1 福岡市西部地区の埋立事業

表1 衛星観測日時と福岡の気象

衛星撮影日	撮影時刻	気温(℃)	風向	風速(m/s)
1984/8/10	10:23	31.9	N	1.8
1985/8/25	10:23	29.0	NNE	2.7
1986/5/15	10:18	19.4	N	1.5
1987/5/15	10:17	16.5	NNW	3.1
1988/10/8	10:24	20.8	NNE	7.2
1990/7/10	10:13	30.9	NNW	3.3
1991/8/14	10:17	27.3	N	5.5
1992/9/17	10:15	26.8	N	3.5
1994/6/3	10:12	25.3	NNW	1.5

タを用い、放射伝達計算プログラム Modtran3により推定した。

地表面からの長波放射の推定: 次式により、地表面温度 T_s (K)を求め、地表面からの長波放射 $\epsilon\sigma T_s^4$ (Wm^{-2})を求めた。 σ はステファン・ボルツマン定数である。

$$T_s = \frac{K_2}{\ln(K_1/L_6/\epsilon + 1)}$$

ここに、 K_1 , K_2 は校正定数、 ϵ は地表面の放射率である。 L_6 はTM6の波長帯における地表面での上方向分光放射輝度であり、センサで検知された輝度値を大気補正して求めた。センサへ直接入射する大気放射の分光成分と地表面からセンサまでの大気の透過率は、福岡管区気象台において観測された高層観測データを用い、放射伝達計算プログラム Modtran3により推定した。 ϵ は地表面の状態に応じた定数を割り当てた。地表面の状態は可視・近赤外域と短波長赤外域のTMデー

キーワード: 沿岸の埋立, 熱収支, LANDSAT, アルベド, 長波放射

*連絡先: 〒305 つくば市天王台 TEL: 0298-53-5361

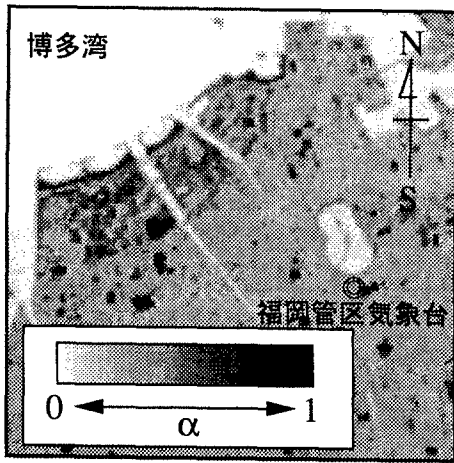


図2 アルベドの計算結果(1992年9月17日)

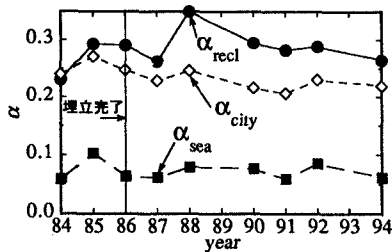


図3 アルベドの経年変化

タから推定し、6通り(水域、砂地、土、アスファルト、コンクリート、植生)に分類した。

4. 推定結果

推定されたアルベドの分布の一例を図2に示す。図中の濃淡が α の値の大小に対応している。 α の値は、砂浜や乾いた裸地では高く、アスファルトや水域では低い。

埋立の対象となった地域、海域、埋立地背後の市街地における α の値の面的平均値(α_{recl} , α_{sea} , α_{city})をそれぞれ求め、経年変化を調べた(図3)。同様な方法で求めた表面温度(T_{recl} , T_{sea} , T_{city})、正味の放射量(R_{recl} , R_{sea} , R_{city})の経年変化を図4、図5に示す。

図3より、 α_{sea} 、 α_{city} の変動は少ないのに対して、 α_{recl} は埋立の進行に伴って上昇し、埋立後には海域の約5~6倍の値となる。 T_{recl} は埋立の進行に伴って上昇し、埋立後には海域に比べて常に約10℃高くなる(図4)。正味の放射量は海域では高く、市街地、埋立完了後の埋立地では低い(図5)。

次に、埋立地と市街地の推定値を比較する。埋立完了後の α_{recl} の値は α_{city} に比べて高い(図3)。この原因としては、地表面を構成する素材や構造物の大きさ(粗

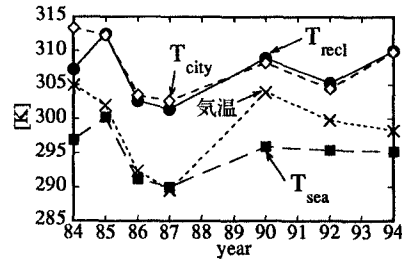


図4 表面温度の経年変化

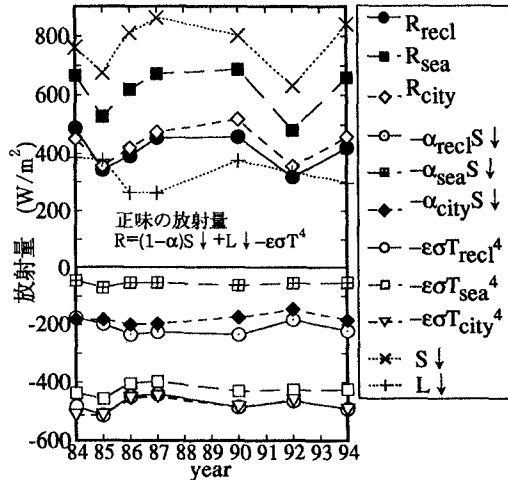


図5 放射量の経年変化

度高さ)・配置が、埋立地では比較的均一・規則的であるのに対して、市街地では不均一・不規則であることが考えられる。アルベドの増加は、地表面に吸収される日射の割合が減少することを意味するため、地表面温度に対しては温度低下の効果を持つと考えられる。しかしながら、埋立後の T_{recl} と T_{sea} には大きな差異は無い(図4)。この原因を明らかにするためには、潜熱・顕熱・表面下への熱流の収支を推定する必要がある。

謝辞: 本研究の一部は文部省科学研究費、ウェスコ土木振興基金の補助を受けて行われた。ここに記して謝意を表する。

(参考文献)

- [1] 宇宙開発事業団地球観測センター (1990): 地球観測データ利用ハンドブック—ランドサット編・改定版一, 財団法人リモートセンシング技術センター。
- [2] 近藤純正編 (1991): 水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支—, 朝倉書店, 10-11p。
- [3] 灘岡和夫・田村英寿 (1993): 沖縄赤土流出問題に関する汎用衛星モニタリングシステム構築の試み, 海岸工学論文集, 第40巻, pp.1106-1110。
- [4] 資源観測解析センター編 (1991): 宇宙からの地球観測システム, 資源観測解析センター。