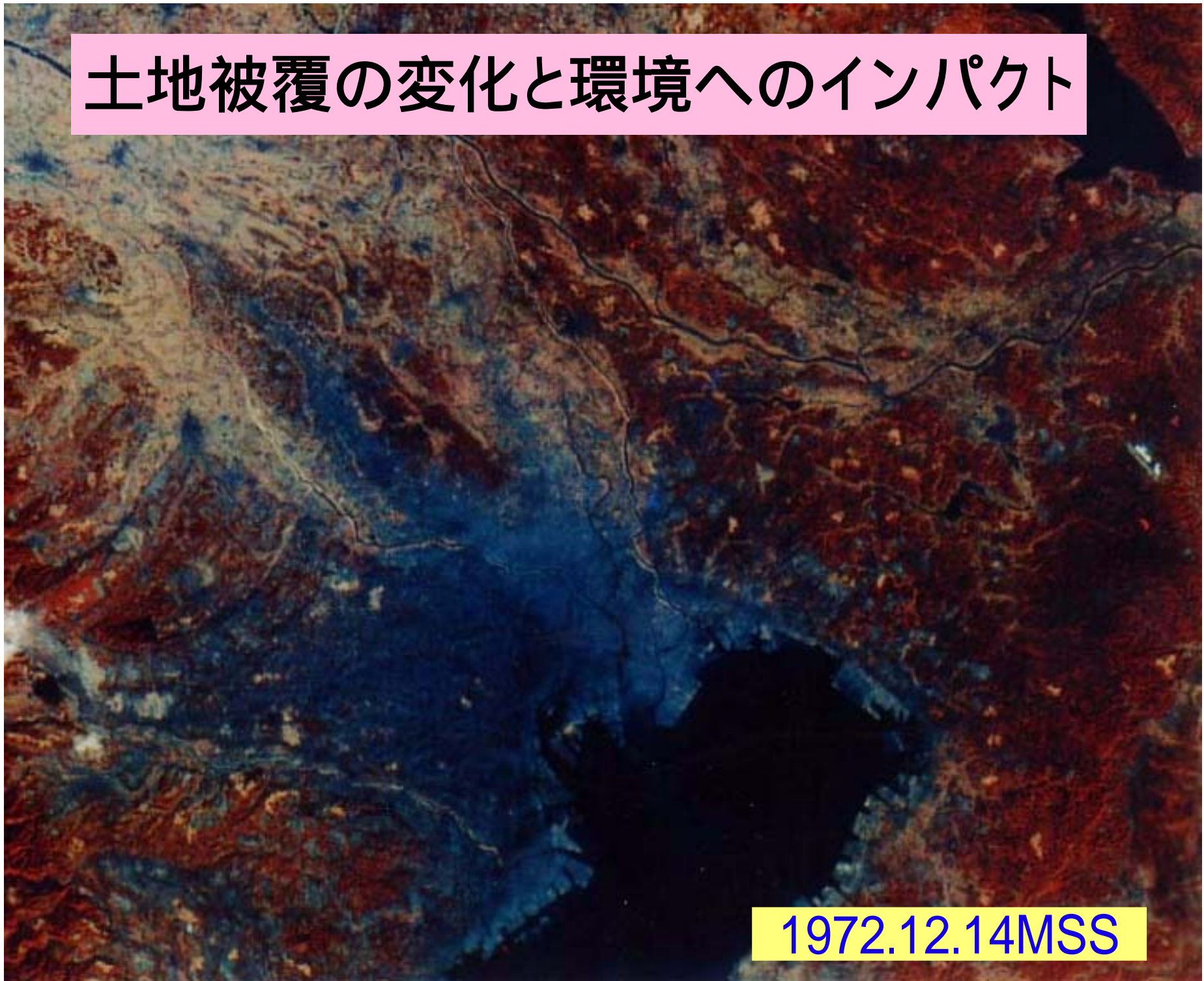


土地被覆の変化と環境へのインパクト



1972.12.14MSS

・過去30年に渡る詳細な土地被覆の変化が衛星リモートセンシングでわかるようになった

・これは技術的にはほぼ完成している

(もちろん、技術はまだまだ発展するだろうが、Field Scientistとして明らかにしたい現象を理解するには、どの程度の認識レベルが必要か?)

・では、土地被覆の変化が何をもたらしたのだろうか？

・環境とは要素の**多様性**と、それらの**関連性**、**空間性**、**歴史性**で特徴付けられる

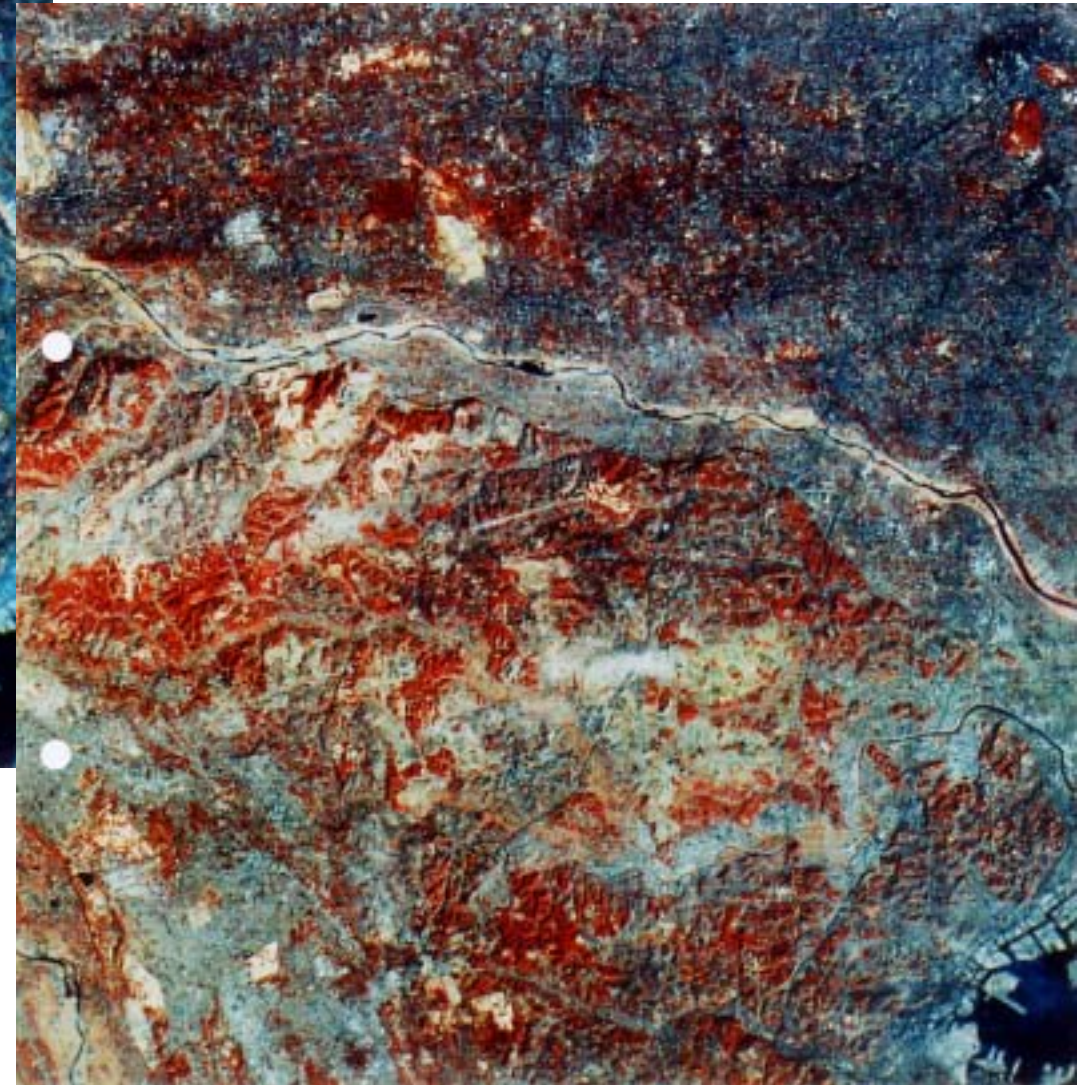
(空間スケールを考えると**階層性**)

**これを見つけだす
のが環境研究**



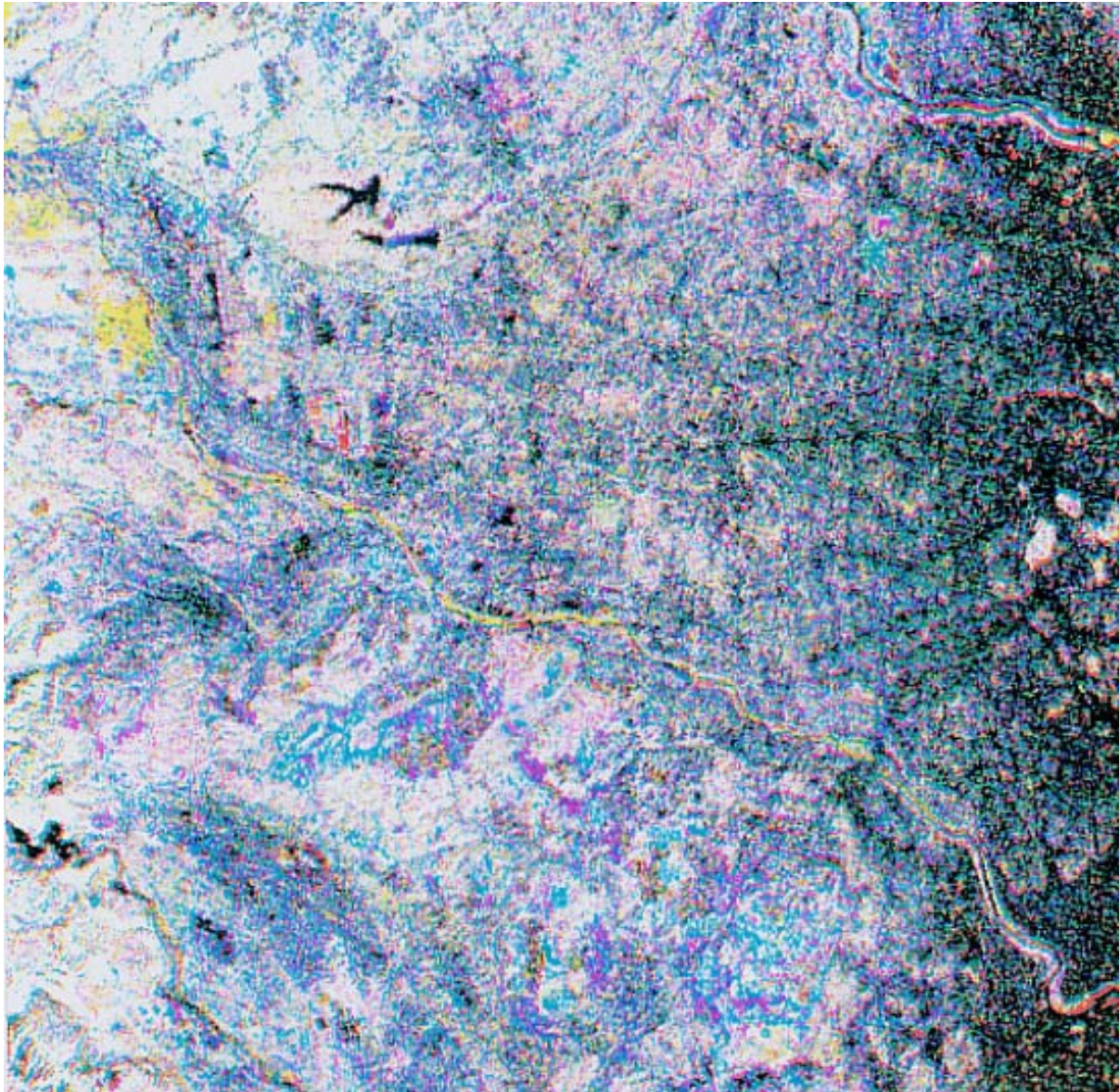
多摩丘陵の土地被覆変化

平成狸合戦ポンポコ



上: 1972.12.14 (MSS)

右: 1991.11.xx (TM)

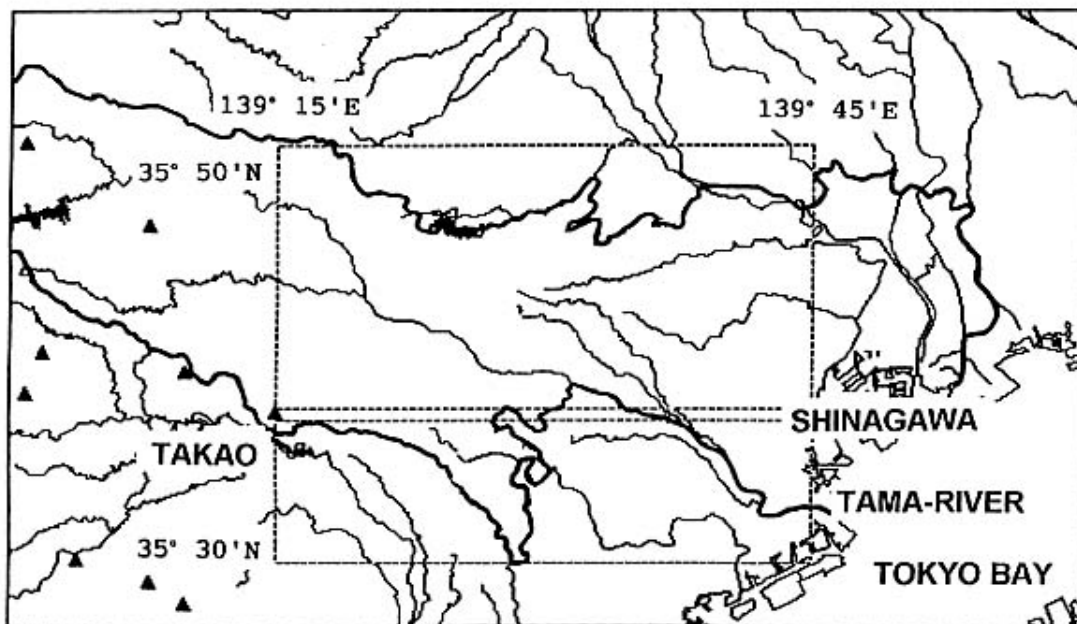


1972	1979	1988	発色
Blue	Green	Red	白
H	H	H	シアン
H	H	L	紫
H	L	L	黄
L	H	H	赤
L	L	H	黒
L	L	L	

・いつ、植生の除去が行われたかがわかる

・植生が回復した地域もある

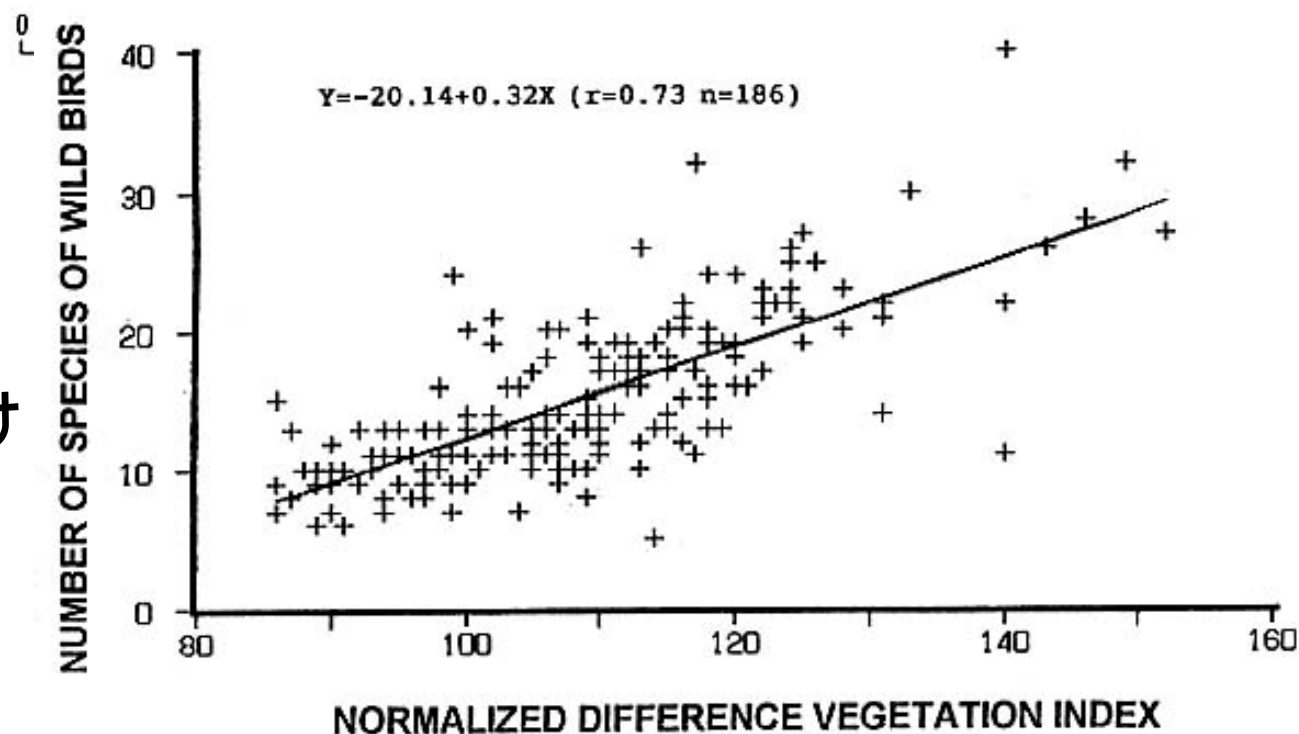
異なる3時期の植生指標画像のカラー合成画像



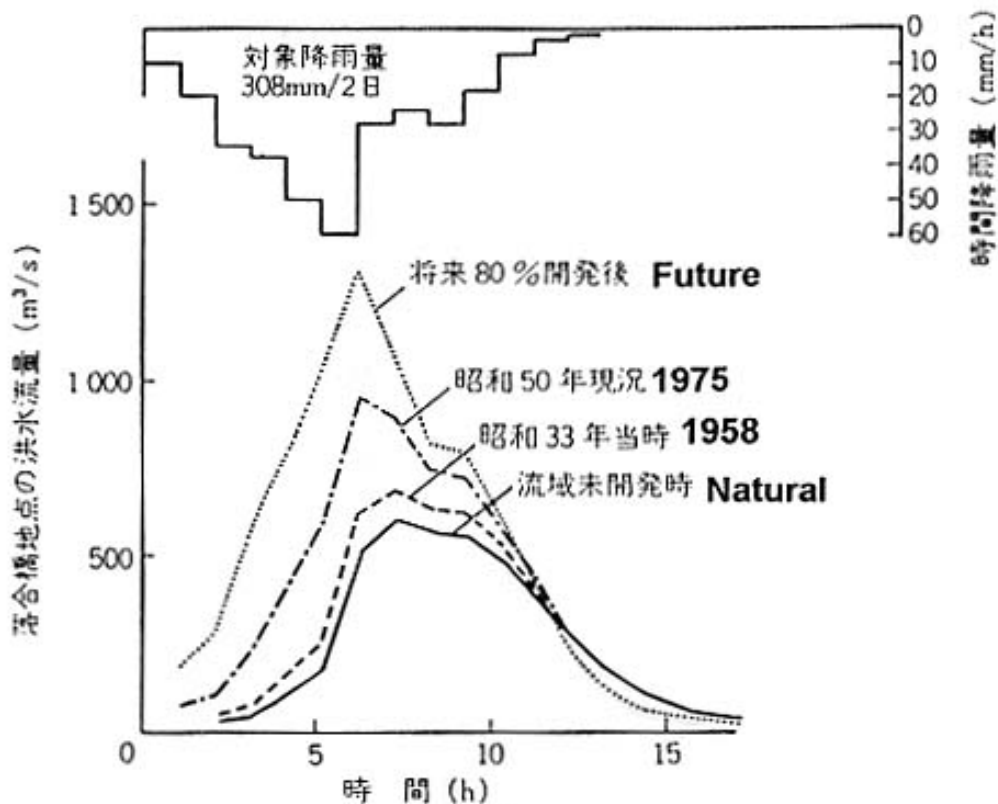
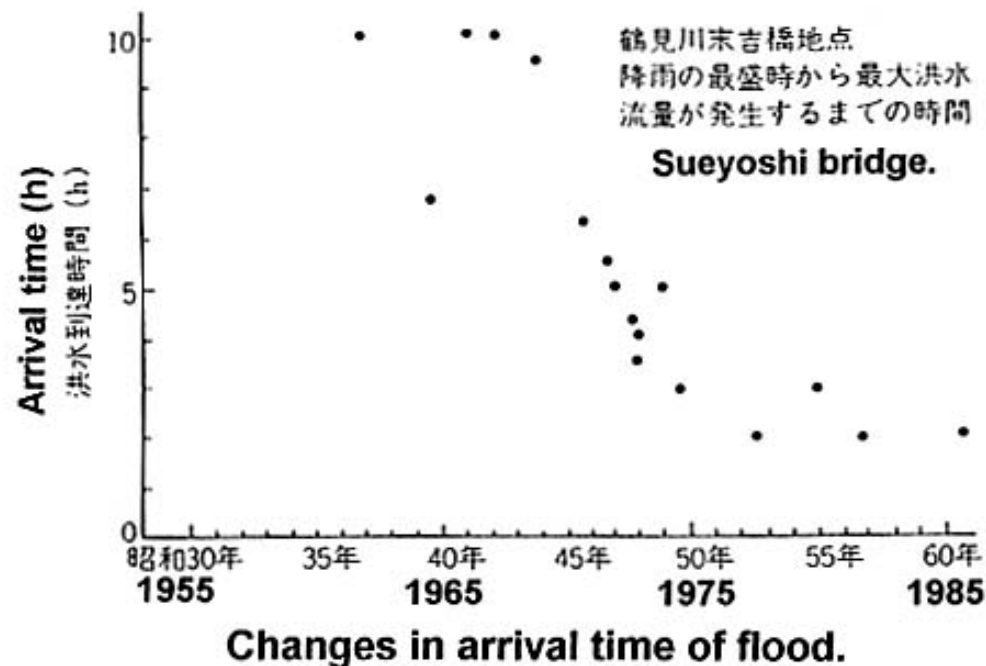
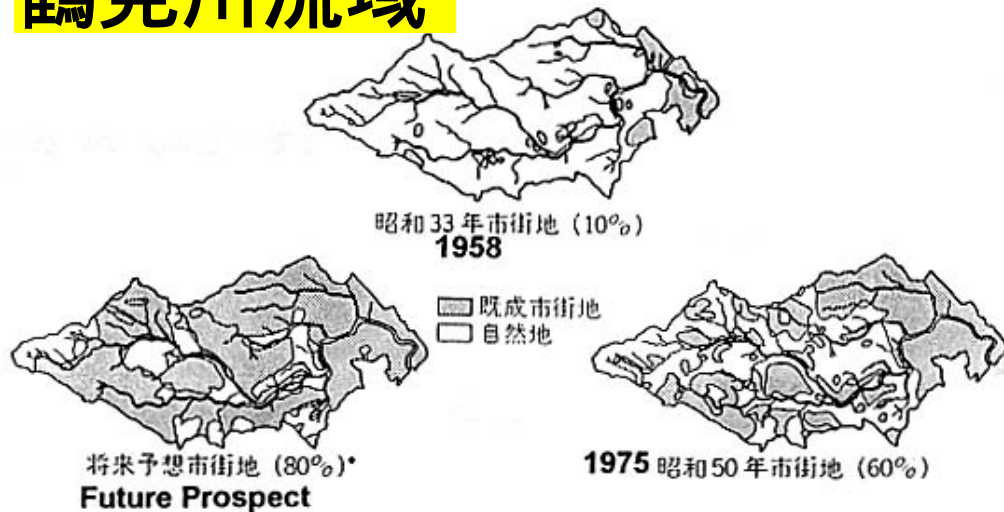
植生が変われば、動物の分布も変わらざるを得ない

- ・ 植被率
- ・ 緑地の分断

東京、大田区付近から高尾山にいたるトランセクトにおける植生指標(NDVI)と野鳥の種数との関係
(金井・近藤、1993)



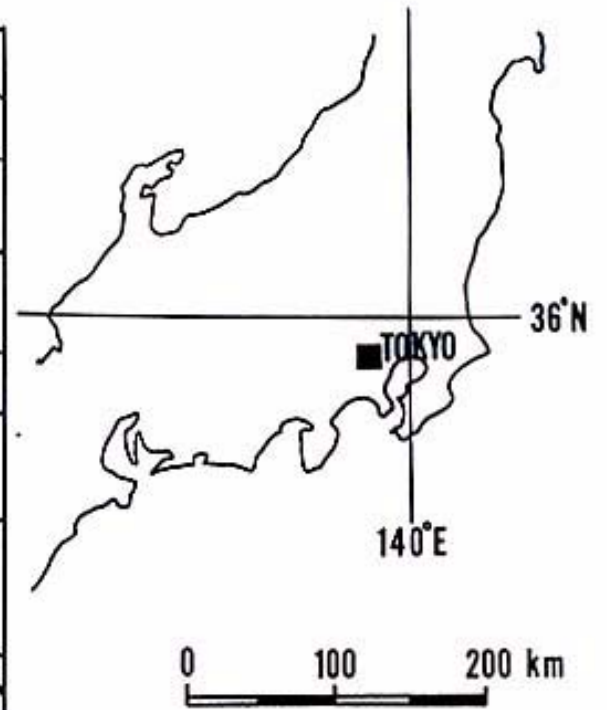
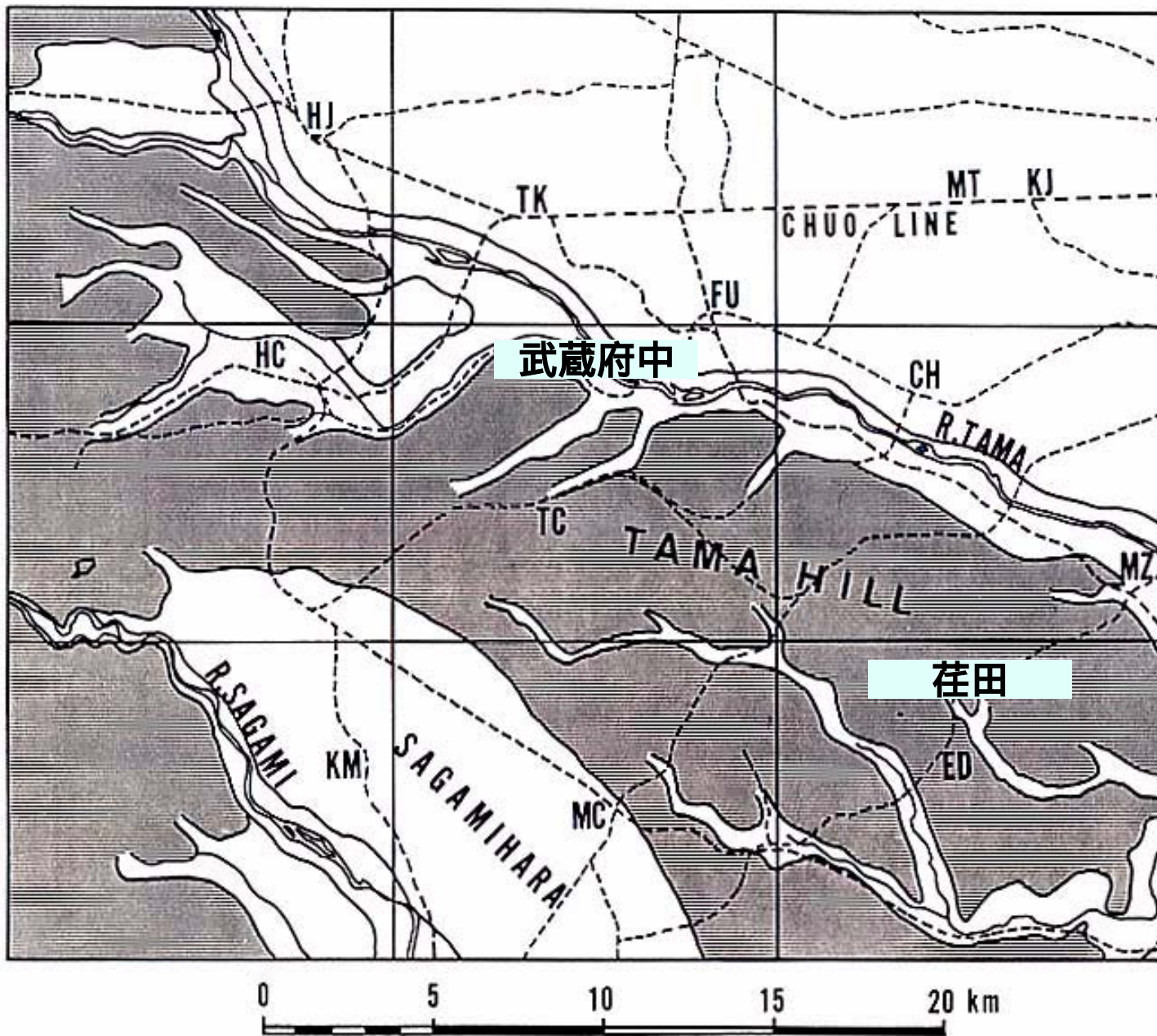
鶴見川流域



水循環も変わる

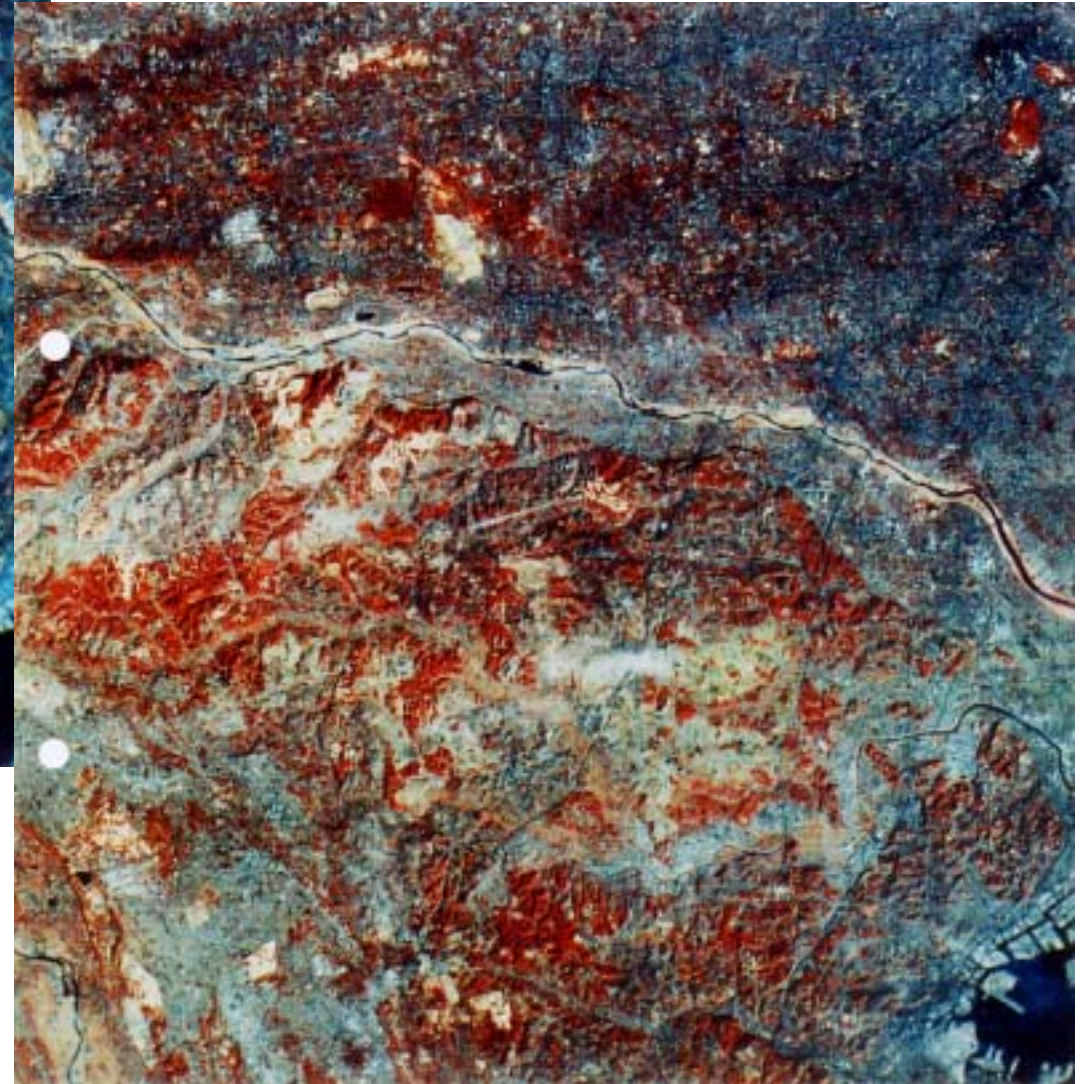
都市化により地表面水収支が変わり、降水が直ちに河川に流出するようになる

都市型洪水



1	2	3
4	5	6
7	8	9

土地被覆の変化



武蔵府中

荏田

SUB-REGION		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Whole Region
WATER	1972	0.6	0.0	0.1	1.5	0.3	0.4	0.7	0.4	0.0	0.4
	1985	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2
	Δ	-0.6	-0.0	-0.0	-0.5	-0.2	-0.2	-0.5	-0.2	-0.0	-0.3
CITY	1972	3.4	14.4	24.0	5.3	5.5	16.1	4.4	7.6	6.4	9.7
	1985	7.8	23.6	36.5	12.4	10.4	27.5	8.2	14.8	13.7	17.2
	Δ	4.4	9.2	12.5	7.1	4.9	11.4	3.7	7.1	7.3	7.5
SETL	1972	41.5	66.2	66.2	42.8	45.5	62.0	34.7	63.4	58.7	53.4
	1985	54.7	67.3	59.9	48.0	56.3	61.2	41.6	69.4	66.2	58.3
	Δ	13.2	1.1	-6.3	5.2	10.8	-0.8	6.8	6.1	7.5	4.8
EVER	1972	4.4	0.1	0.1	9.4	4.1	0.8	13.5	1.8	3.5	4.2
	1985	3.6	0.1	0.1	8.6	2.4	0.3	12.0	0.7	1.0	3.2
	Δ	-0.8	-0.1	-0.0	-0.8	-1.8	-0.5	-1.5	-1.1	-2.5	-1.0
DECID	1972	17.0	1.7	1.9	28.1	15.3	5.0	29.1	10.3	14.0	13.6
	1985	11.0	0.3	0.7	20.9	7.1	1.4	22.8	3.8	3.7	7.9
	Δ	-6.0	-1.4	-1.1	-7.3	-8.2	-3.6	-6.3	-6.5	-10.4	-5.6
GRASS	1972	5.2	2.5	1.6	1.1	4.0	2.6	2.7	2.3	0.4	2.5
	1985	4.8	1.9	0.8	0.6	4.6	2.8	2.7	1.9	2.5	2.5
	Δ	-0.4	-0.6	-0.8	-0.5	0.5	0.2	0.0	-0.5	2.1	0.0
FIELD	1972	12.7	3.4	1.4	8.0	15.5	5.7	9.0	8.3	11.7	8.4
	1985	12.8	2.8	1.4	7.0	13.1	3.7	9.3	6.2	7.4	7.1
	Δ	0.1	-0.5	-0.0	-1.0	-2.4	-2.0	0.3	-2.2	-4.3	-1.3
BARE	1972	15.2	11.7	4.8	3.9	9.8	7.4	5.8	5.9	5.3	7.8
	1985	5.3	4.2	0.6	1.6	6.2	3.0	3.2	3.1	5.6	3.7
	Δ	-9.9	-7.5	-4.2	-2.3	-3.7	-4.4	-2.6	-2.8	0.3	-4.1

1972年と1985年の間に都市化が進んだ

武蔵府中(多摩ニュータウン)では都市・住宅が16.7%増加

一方、森林は10%減少

荏田(港北NT)では都市・住宅が14.8%増加

一方、森林は12.9%減少

Land use categories)

WATER : Open water CITY : City area SETL : Settlement

EVER : Evergreen forest DECID : Deciduous forest

GRASS : Grassland FIELD : Vegetable field BARE : Bare soil

Name of subregions)

1 : Haijima 2 : Tachikawa 3 : Kichioji 4 : Hachioji 5 : Musashifuchu

6 : Mizonokuchi 7 : Kamimizo 8 : Haramachida 9 : Eda

都市化は地表面の水収支・熱収支を変える

$$R_n = (1 - r)S \quad +L \quad -L$$

$$R_n = H + E + G$$

ここで、 R_n :正味放射量、 r :アルベド、 S :日射量、 L :長波放射量
 H :顕熱輸送量、 E :潜熱輸送量、 G :地中熱流量

$$P = R + E + I$$

ここで、 P :降水量、 R :流出量、 E :蒸発散量、 I :浸透量

水収支・熱収支の変化の影響は、

・都市型洪水、・湧水の枯渇、・河川の基底流量の減少、・蒸発散量の減少、

さらに、

・河川の水質悪化、・地域の高温暖化(ヒートアイランド)、等々、

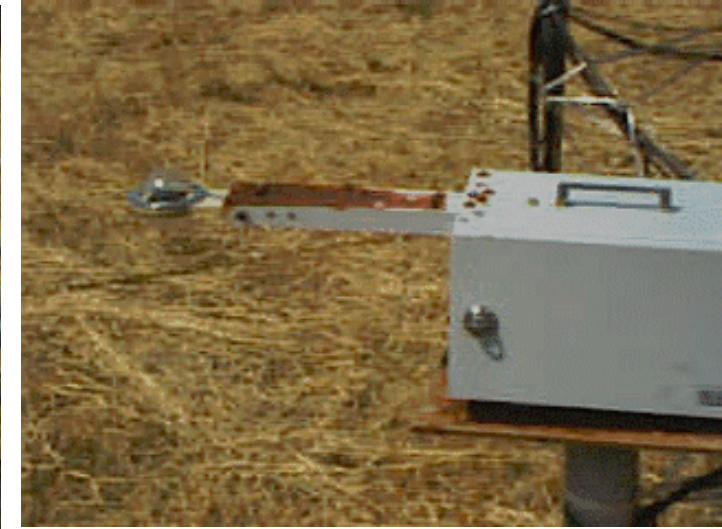
をもたらす

蒸発散 広域の地表面から大気中へ失われる水蒸気の輸送過程

- 自由水面からの蒸発
- 土壌面からの蒸発
- 植物の葉、建物などに遮断された降水の蒸発
- 植物による蒸散

測定法

- 1) 水収支法 $E = P - R - I - S$
- 2) 渦相関法 超音波風向風速温度計、赤外線湿度変動計
- 3) 熱収支法 熱収支式の残差
- 4) 空気力学法 水面蒸発量は飽差と風速の関数



推定法

1) 蒸発計(蒸発パン)による推定

- ・水面蒸発量
- ・水の熱慣性が大いことに注意



2) ソーンズウエイト法による推定

- ・USAの各地においてライシメーターで実測された蒸発散量と気温の関係から、経験的に月平均蒸発散量を求める手法
- ・入力データは月平均気温のみ
- ・経験式であるため、USA以外の地域で適用可能かどうかは保証されない

3) ペンマン法による推定(現在のSVATモデルの基礎)

- ・熱収支法と空気力学的方法を組み合わせた手法
- ・エネルギーによる蒸発成分(R_n)と空気の乾燥力による蒸発の成分(飽差)の和
- ・入力データは気温、湿度、風速、日照時間

可能蒸発散量

- ・ ソーンズウエイト法、ペンマン法は可能蒸発散量を求める式手法
- ・ 可能蒸発散量とは、”丈の低い植物(芝、牧草と思われる)で覆われた地表面に十分な水を供給した場合に失われる蒸発散量”
- ・ 理由 標準化しやすい(仮説)
 - ソーンズウエイトはライシメーターの表面を標準化するのに最も適した植生を選んだ
 - ペンマンは農事試験場の職員で、観測を行っていた
- ・ 曖昧な定義でもある
- ・ ただし、現場主義という点で、現場にはあり得ない地表面を仮定して理論的に求めた蒸発散量と比較しても優劣はつけ難いのではないだろうか

ペンマン法

$$E_t = \frac{1}{\gamma + 1} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\gamma + 1} E_a$$

ここで、 R_n :正味放射量、 G :地中熱流量、 E_a :空力項、
 γ :飽和水蒸気圧曲線の勾配、 γ :乾湿計定数

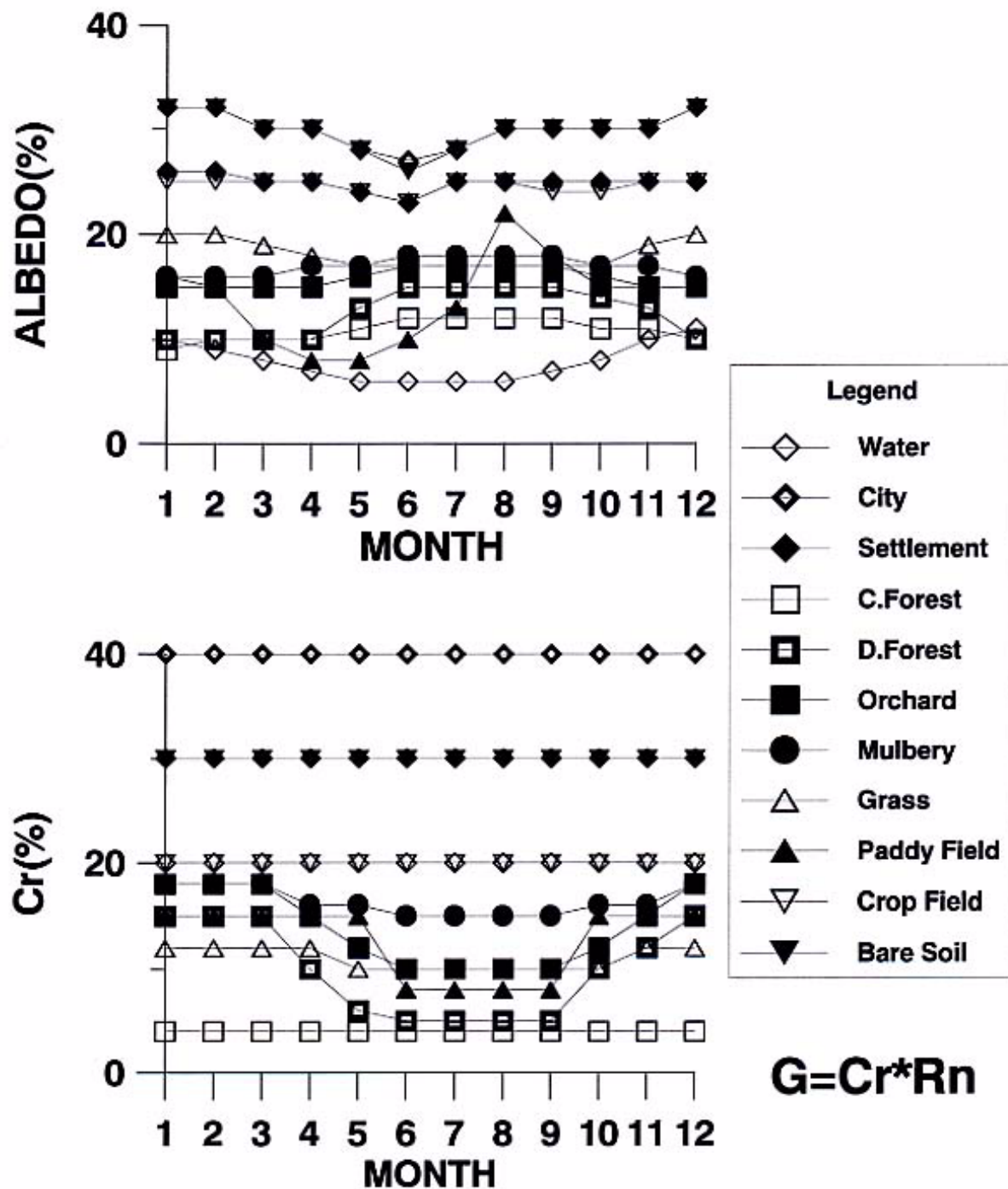
この式の計算方法は R_n や G , E_a をどのように計算するかといった観点からは多数存在する

R_n の計算にはアルベドと地表面傾斜を取り込むことができる

また、以下のような仮定も置くことができる

$$G = C_r \times R_n$$

ここで、 C_r :係数



$$G = Cr * R_n$$

After Kotoda(1986)

文献調査や実測に基づいて求めた代表的な土地被覆に対するアルベドおよびCrの値の季節変化

これを土地被覆ごとに与え、画素ごとに計算することによって広域蒸発散量を求めることができる

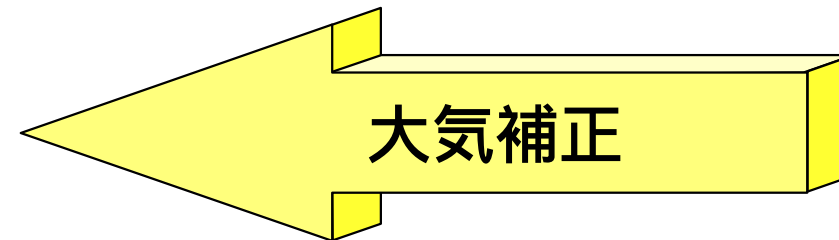


蒸発散量推定モデルへのリモートセンシングの組み込み方法

カテゴリカルな情報へパラメータ割り当て

直接物理量推定

- ・アルベド
- ・地表面温度
- ・LAI (葉面積指数)

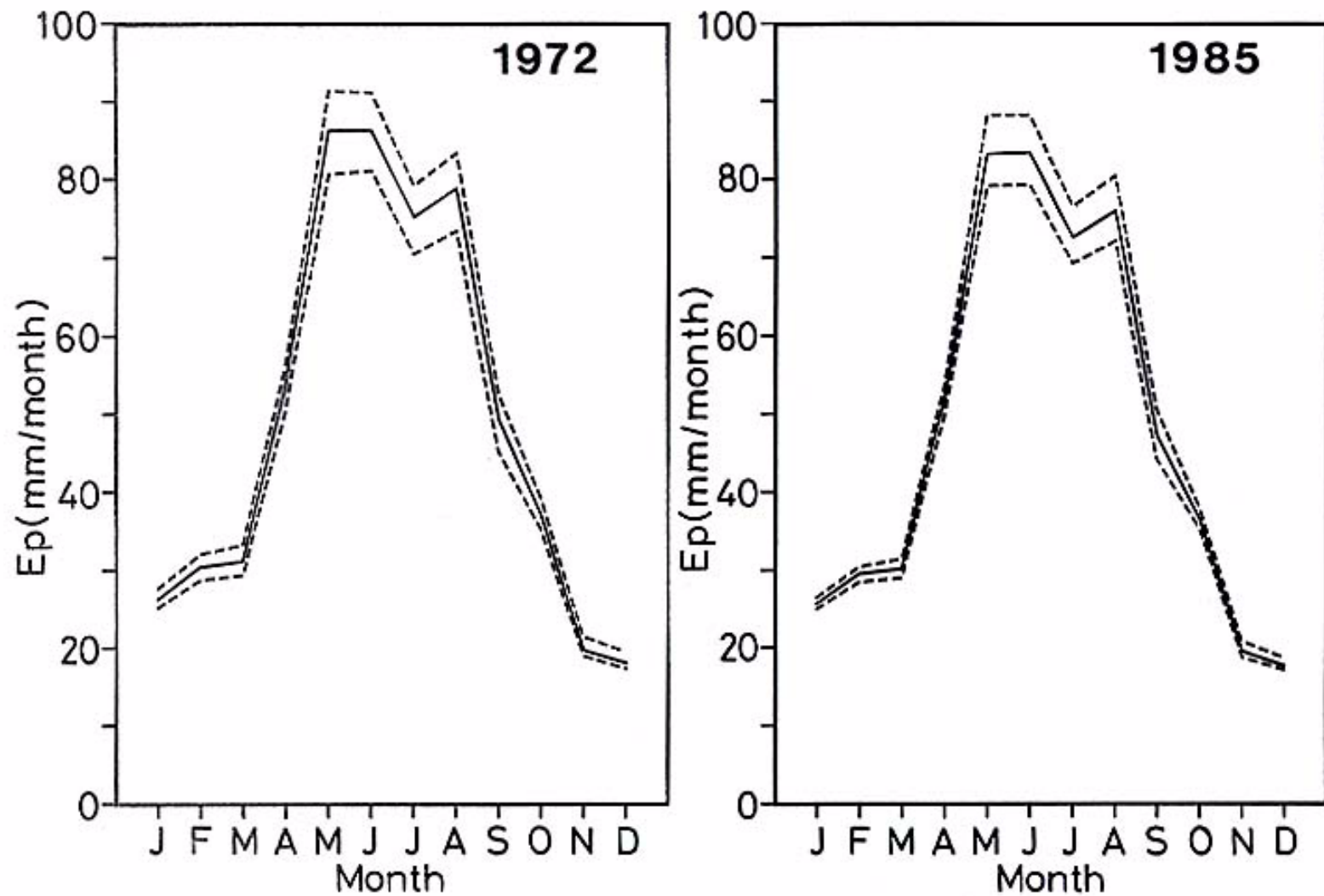


地表面状態量から必要なパラメータ推定

- ・地表面の乾湿 コンダクタンス
- ・LAI コンダクタンス

指標値と蒸発散量の経験的關係

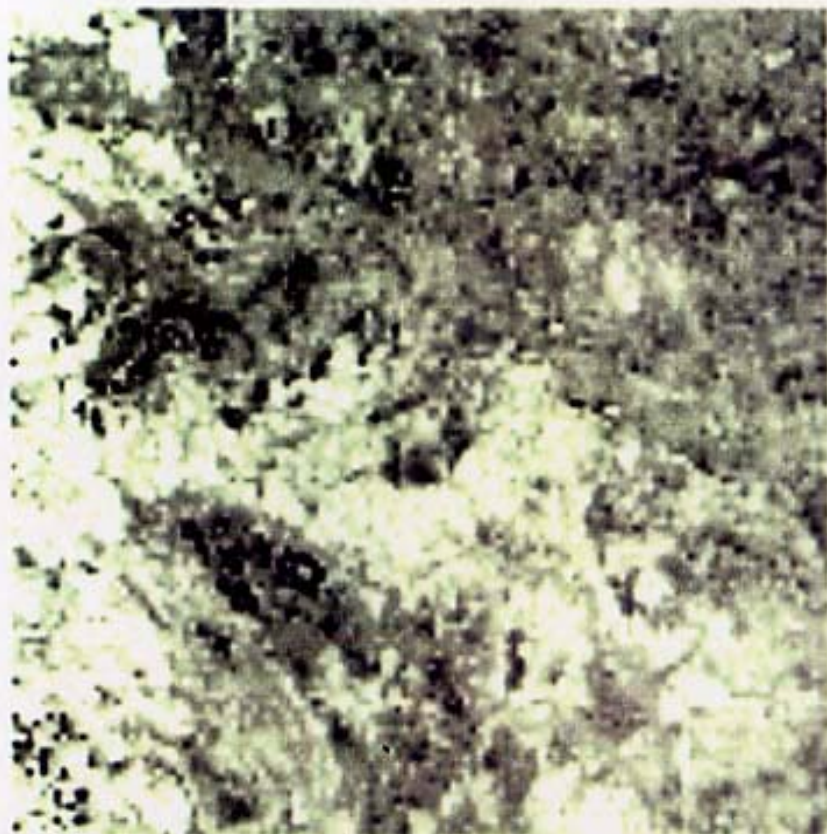
- ・NDVI
- ・フェノロジー



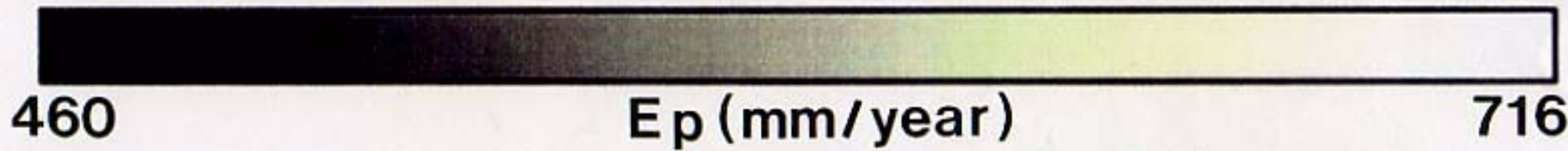
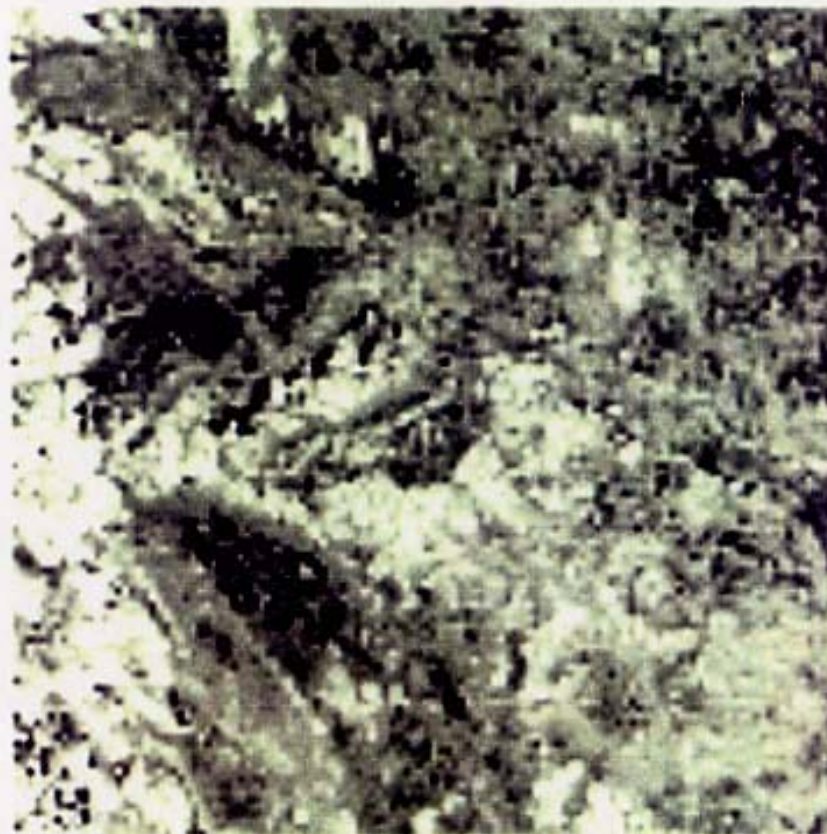
領域平均の月蒸発散量

- ・7月に極小値がある(梅雨)
- ・この極小値はゾーンスウェイト法では出ない

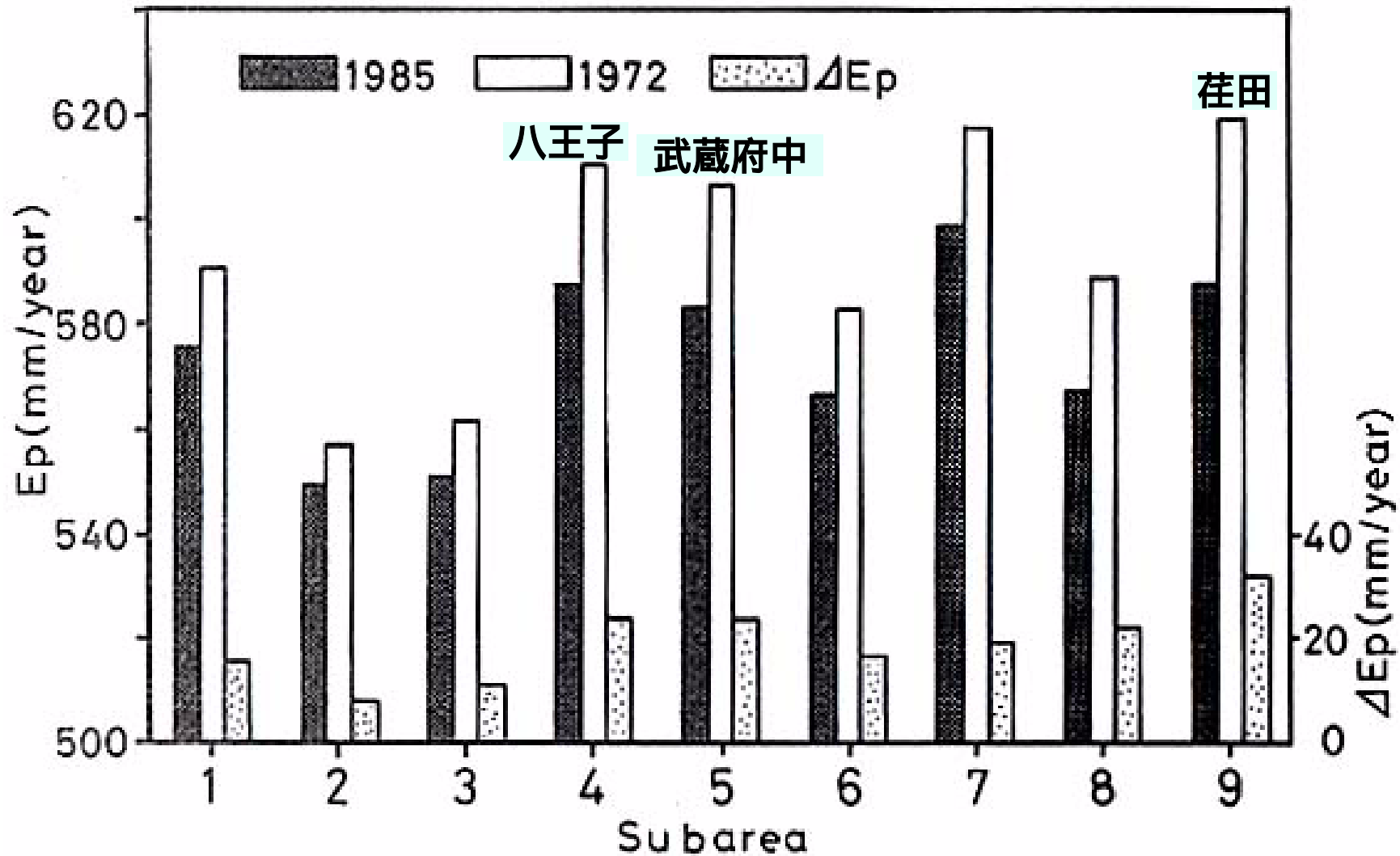
1972



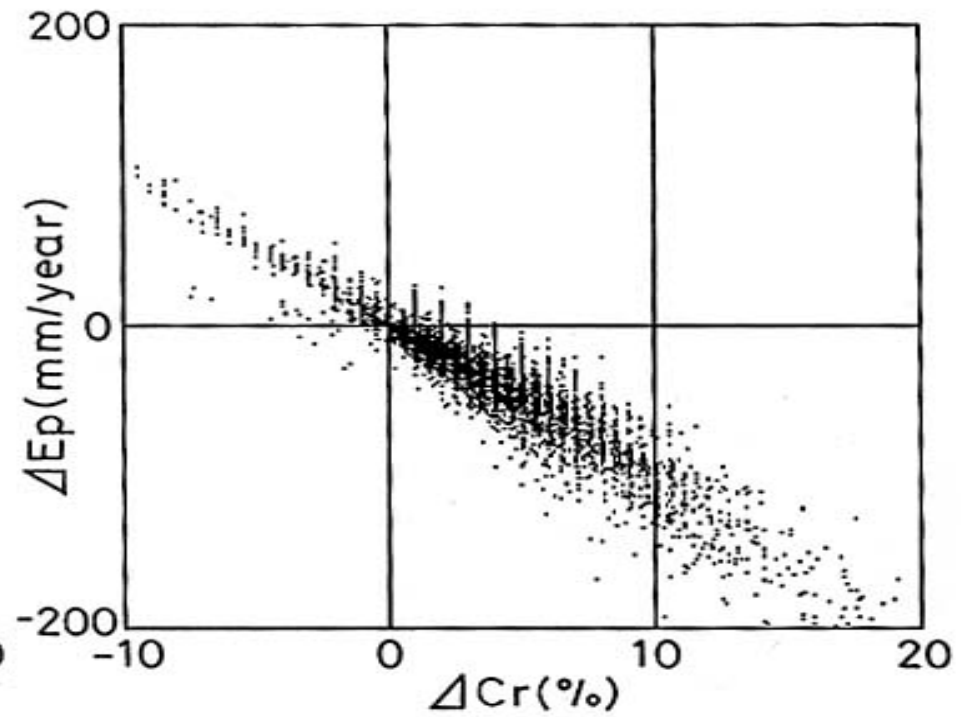
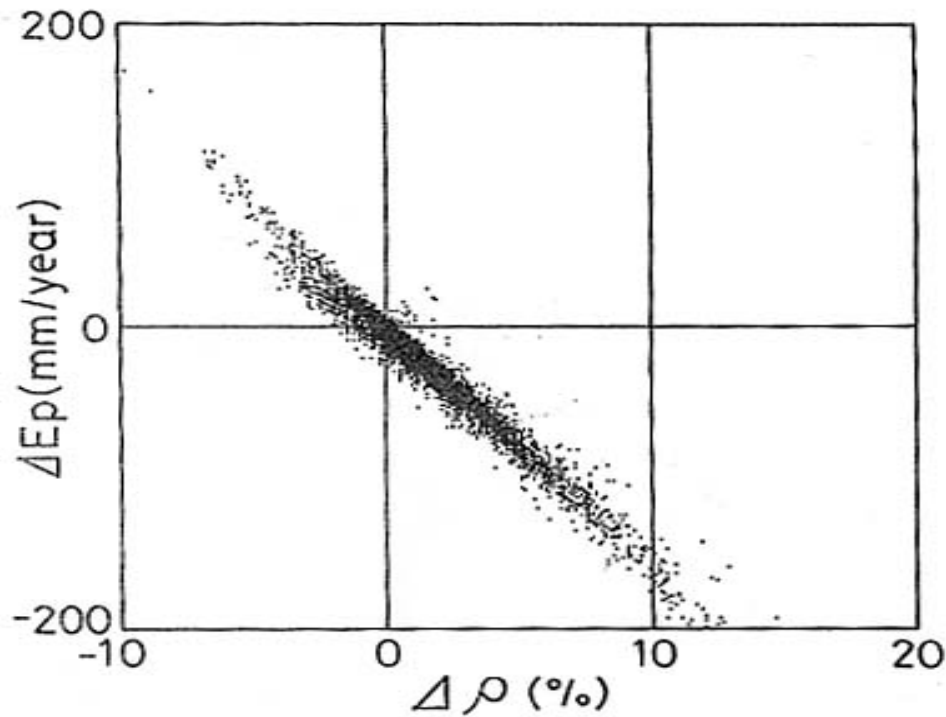
1985



(可能)蒸発散量分布のグレースケールマップ



1:25000地形図の範囲ごとの計算蒸発散量の変化
 ・都市化が進んだ八王子、武蔵府中、荏田で変化が大きい



・アルベド()が10%増加すると、(可能)蒸発散量は年間200mm程度減少する

・なべに200mm(20cm)の水を入れ、煮沸して蒸発させることを考えて見よう。どのくらいの熱量が必要か

・本来蒸発に使われるための熱は、地面を暖め、空気を暖める

地域の高温化、ヒートアイランド

都市の水収支



・モデル計算には仮説がある

・先の計算では”都市化がアルベドの増大をもたらし、正味放射量が少なくなることが原因で蒸発散量が減る”というストーリー

(オリジナルペーパー(Kotoda,1986)では農業地域を対象としていた)

・実際には、

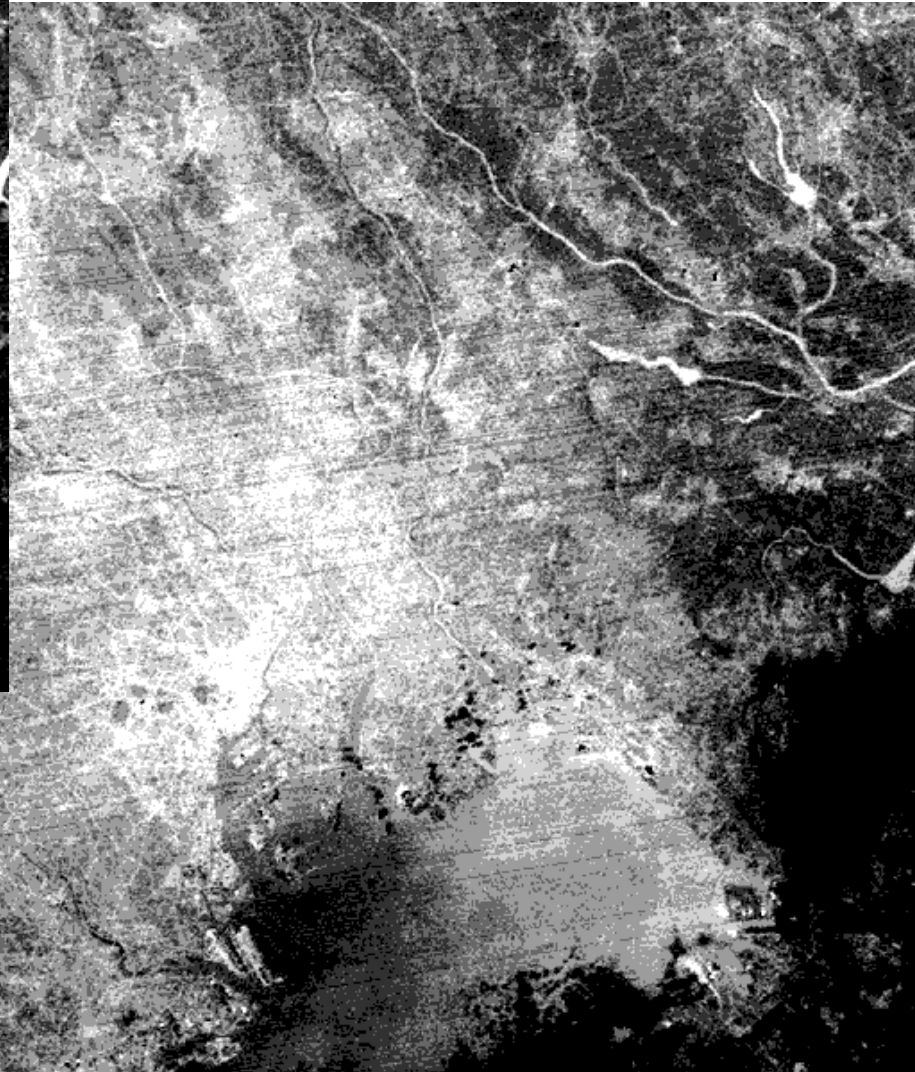
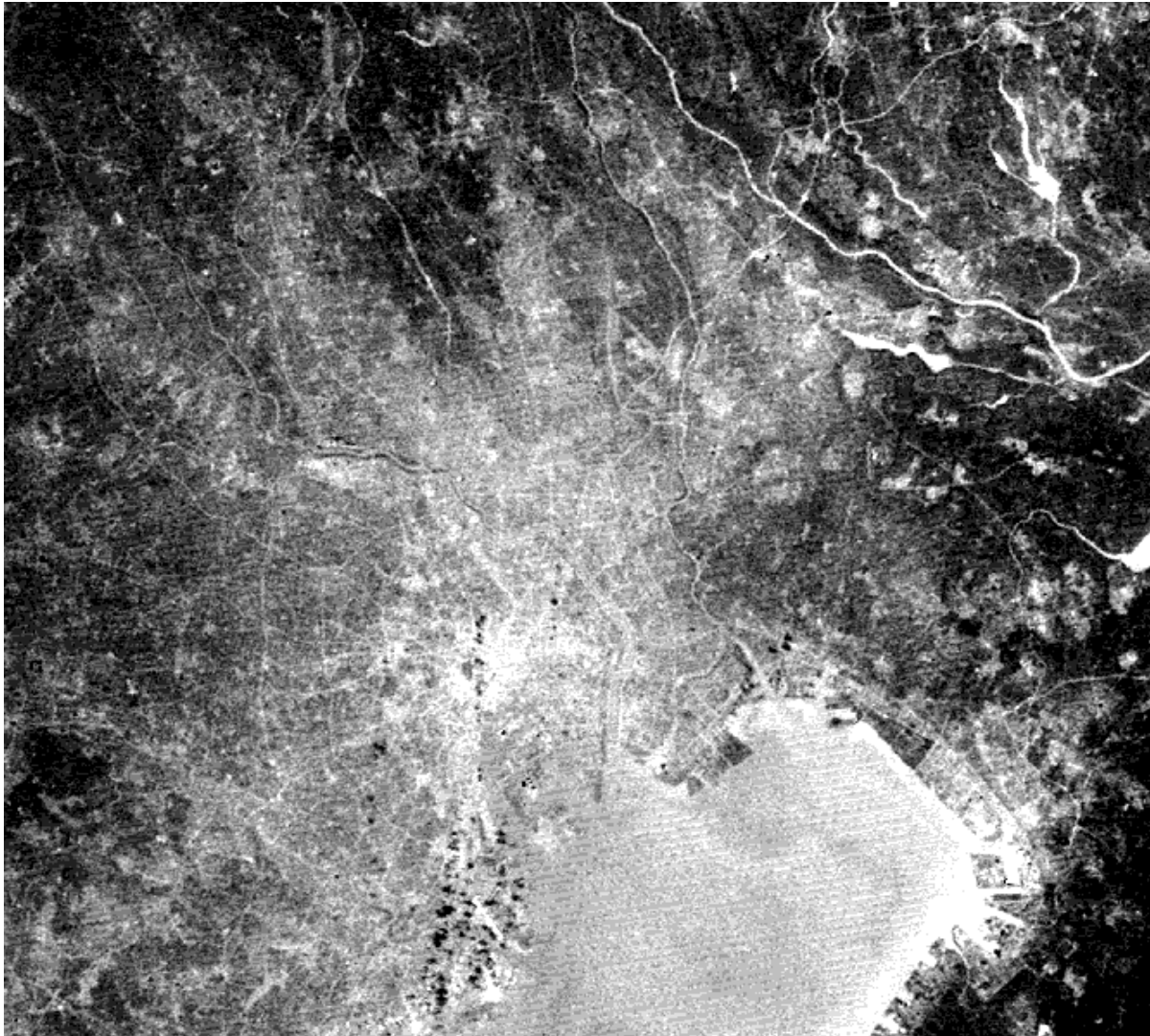
- 大都市の中心部ではアルベドは低くなる
(都市キャニオンの増加による多重散乱の増加)

新たなモデルの必要性

- 雨水排水促進、土壌の貯留能力減少により、蒸発すべき水がそもそも無い

水不足による蒸発抑制効果(乾燥・半乾燥地域の蒸発散と同じ)

1984年8月14日(左)と1994年8月10日(下)の午後9時頃(すなわち、夜間)の東京の地表面温度(観測輝度温度分布)



この温度分布は地表面の水収支・熱収支が変化した結果