

農業環境技術研究所	正	小 川 進
同上		村上 拓彦
同上		石塚 直樹
同上		斎藤 元也
名古屋大学		丸山めぐみ

1. はじめに

アマゾン川流域は大規模開発による広範な森林伐採が問題となっている。熱帯雨林は年々減少を続け、代わりに農耕地と荒廃地が増加している(Sioli, 1984)。このため、降雨量の減少と蒸発散量の低下が深刻な水文環境の悪化を引き起こし、流域全体に生態系の破壊が進行している。本論ではカオス理論を用いて、ブラジル、ロンドニア州アマゾン川流域の水収支の時系列変化を解析した。

2. 方法

対象は、ロンドニア州の南西部でボリビア国境を含む、Madeira 川支流の Jamari 川、Ji-Paraná 川及び Guapore 川流域である。衛星データとして、Landsat TM の 7 つのフルシーン(185km×185km)のモザイク画像を用いた(Table 1, Fig. 1)。土地被覆分類は同時期の植生図をもとに Band6 を除く 6 つの Band から最尤法で行った。

水収支は、現地データの月雨量、月流量より蒸発散量及び流出率を求めた。カオスの解析は、水収支の月データを多次元トラジェクトリに描き、それぞれのグラフのフラクタル次元(容量次元)を求めた。

3. 結果

土地被覆の解析結果から、3 流域の 30-50%を農耕地ないし荒廃地が占有していることがわかる(Table 2)。土地被覆の状況は変わらないにも関わらず、水収支は大きく異なる。Table 3 に示すように 4 地点は降雨、流出量に差があり、特に流出率では 3 倍の開きがある。Fig. 2 には、蒸発散量の年変化を示すが、Pedras Negras 地点がほぼ一定であるのに対し、Tabajara 地点では減少傾向にある。そこで、この対照的な 2 地点に対して、カオスの解析を試みた(Fig. 3)。降雨、流出、蒸発散のフラクタル次元は、それぞれがカオスであることを示している(Table 3)。流出率の低い Pedras Negras 地点よりも土地の改変が進行中と考えられる Tabajara 地点の方がフラクタル次元は高かった。カオスの自由度は、前者で 8~9、後方で 11~13 であった。

4. 考察

土地被覆状態が類似したロンドニア州内の 3 流域 4 地点の水収支とそのカオスの挙動を解析した。流出率の大きな差はその流域の開発行為の違いが反映されているものと考えられる。最大の Tabajara 地点では開発が現在進行中で、最小の Pedras Negras 地点では収まっているものと推定される。カオスの自由度(フラクタル次元)は、時系列の周期性、安定性及び予測可能性を示すが、降雨、流量、蒸発散量ともに Pedras Negras 地点ではぎりぎり非線形予測の可能な範囲であるのに対し、Tabajara 地点では予測不能な不安定な状態にあると推定される。

5. 結論

アマゾン川流域の土地被覆の類似した、土地の改変を受けた 4 地点に対し、水収支のカオスの挙動について解析した結果、降雨、流量、蒸発散量のいずれも自由度 8~13 のカオスであることがわかった。改変の収まった流出率の低い地点は非線形予測の可能な状態にあるのに対し、土地改変が進行中の流出率の高い地点は予測不能な不安定な状態にあると推定された。

本論で使用した衛星データは全て INPE (ブラジル宇宙研究所) から無償で提供されたものであり、ここに深く謝意を表したい。なお、本研究は科学技術振興財団の重点支援協力員事業によるものである。

参考文献: Sioli, H., *The Amazon*, Dr W. Junk Publishers, Boston, 1984.

Table 1. Used Landsat TM data in Amazon

Path	232	232	231	231	230	230	229
Raw	66	67	67	68	68	69	69
Date	1994.6.4	1994.6.4	1993.7.28	1993.5.25	1994.5.5	1994.5.5	1994.4.28

Table 2. Land Cover Classification in Amazon (%)

Land Use	Tabajara	Ji-Paraná	Ariquemes	Pedras Negras
Wetland	0	4	4	0
Forest	68	48	68	63
Clearing & Agriculture	32	48	28	37

Table 3. Annual Water Budget in Amazon

Rivers	Location	Period	Rainfall	Discharge	Evapotranspiration	Runoff Ratio
Rio Ji-Paraná	Tabajara	1978-88	1621mm	706mm	915mm	0.44
Rio Ji-Paraná	Ji-Paraná	1992-96	2352	700	1653	0.30
Rio Jamari	Ariquemes	1991-96	1859	738	1121	0.40
Rio Guaporé	Pedras Negras	1983-94	1692	243	1448	0.15

Table 4 Fractal Dimensions of Chaos in Amazon

Rivers	Location	Rainfall	Discharge	Evapotranspiration
Rio Guaporé	Pedras Negras	8.6	7.9	7.6
Rio Jiparaná	Tabajara	12.6	11.0	11.0

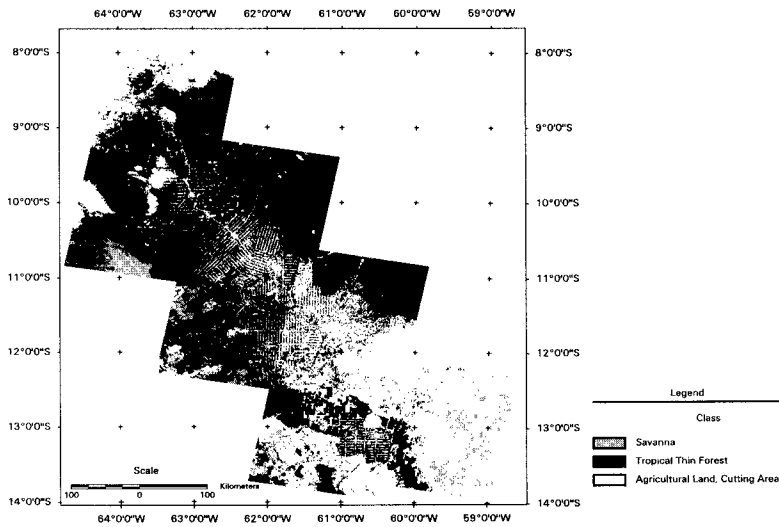


Fig. 1. Land cover classification map of Amazon

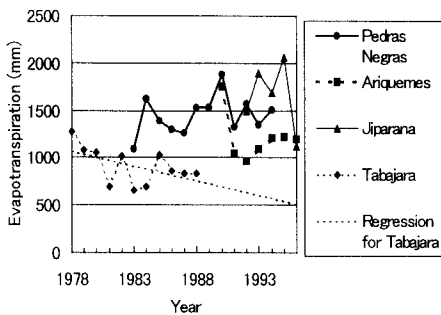


Fig. 2. Hydrological time series in Amazon

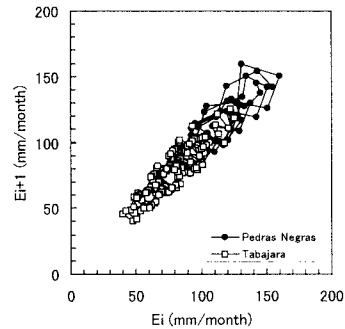


Fig. 3. Chaos trajectories for evapotranspiration in Amazon