

水循環モデルと農業生産モデルの 相互比較

CREST成果としての
モデル(MANDALA計画)のありかたを考える

安形康 / 談国新 / 鼎信次郎 (東京大学生産技術研究所)

◆これまでの成果

- 水循環モデルと農業生産モデルの相互比較

◆望ましいモデルとは？

従来の世界水資源評価との比較

◆ ニューハンプシャー大学

(ヴォロスマーティ氏ら, "Science"掲載)

◆ 国連 (シクロマノフ氏ら)

- 2000～2001年に相次いで発表
- 全世界グリッドデータ化, 世界的にはじめての試み
- が, **実測流量**のある地域対象.

◆ 未来開拓・東大生産研グループ

- 気候データと水循環シミュレーションから **世界中の河川流量**を推定.
- 水供給量に関しては, 現状でベストの解

水供給量 : GSWP+TRIP

◆ 元ネタ: ISLSCP Initiative I Dataset

- 全陸地 1度グリッドの土壤植生気象データ
- 87-88年 . 気象データは6時間おき

◆ GSWP (Global Soil Wetness Project)

- ISLSCP-Iデータを使って, 12種類の地表面水文モデルを動かす .
- データは喜連川研がアーカイブ
- 1度グリッドで, 1987-88年の10日ごと・1度グリッドの地表面水分状態がデータ化されている

◆ TRIP (Total Integrated Runoff Pathways)

- デジタル河川網 . 現在では0.5度グリッド
- 上記GSWP結果とTRIPを使って, 全陸地の河川流量を推定

水需要量 : WRIから何とか...

◆ 元ネタ: WRI Dataset

- **国別**統計値, 農業用水工業用水生活用水取水量
- 5年おきにある.

◆ 元ネタ2: CIESIN人口

(Center for International Earth Science Information Network)

- 2.5分人口データ

◆ 元ネタ3: Kassel大学灌漑面積

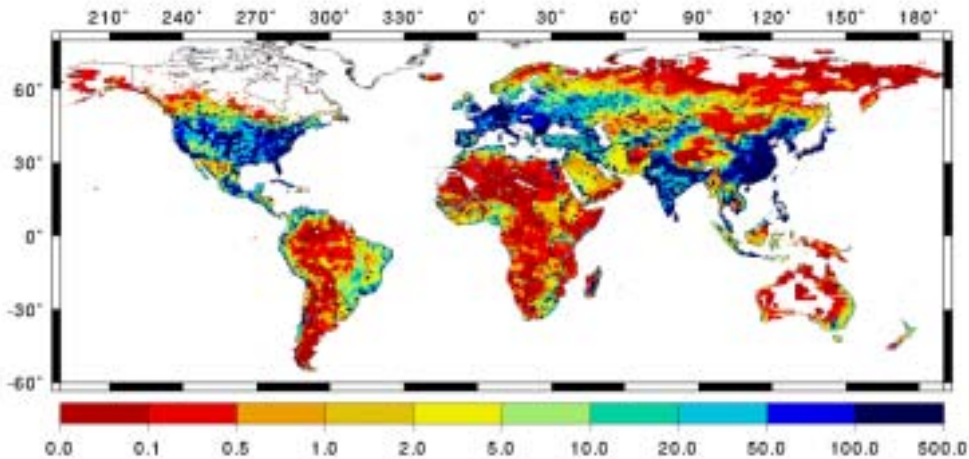
- ◆ WRIの国別統計を元に, 工業・生活用水は人口比例, 農業用水は灌漑面積比例でグリッドに**再配分**する

水需要評価

◆ 水需要とそのper capita

Annual Total Freshwater Withdrawal
Irrigation-area base. [$10^6 \text{ m}^3/\text{year}/0.5^\circ\text{grid}$]

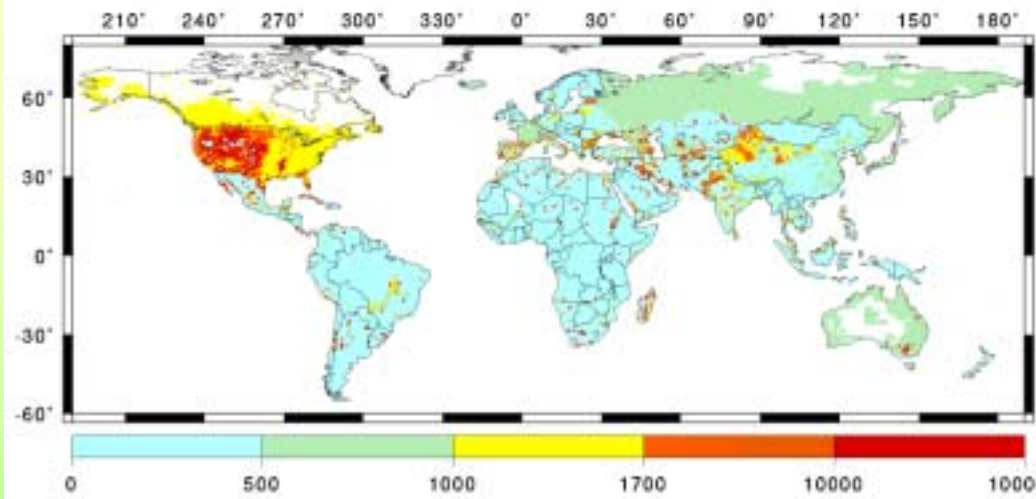
1995



水需要量

Annual Water Demand per capita
(W - S) / population [$\text{m}^3 / \text{year} / \text{person}$]

1995



人口あたり水需要量

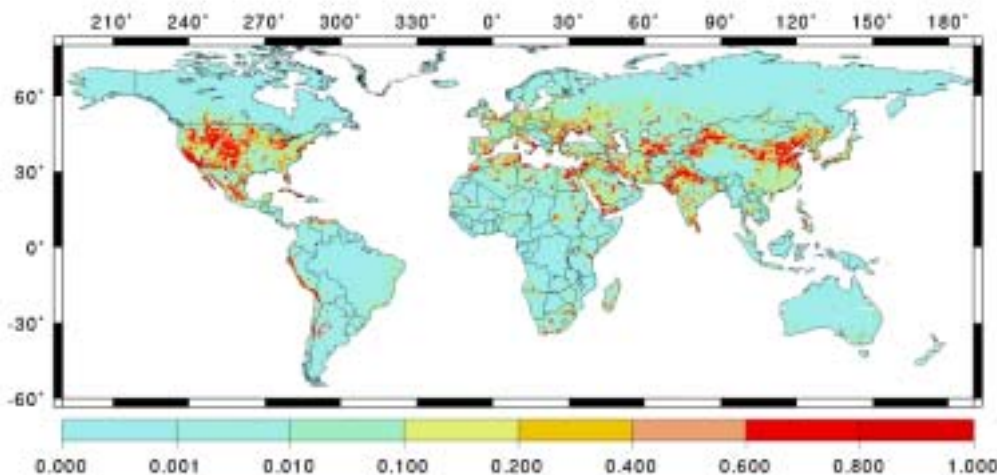
水ストレス評価

◆ 必要な水 / 河川から取水可能な水

Annual Withdrawal to Availability Ratio

$$(W - S) / Q$$

1995

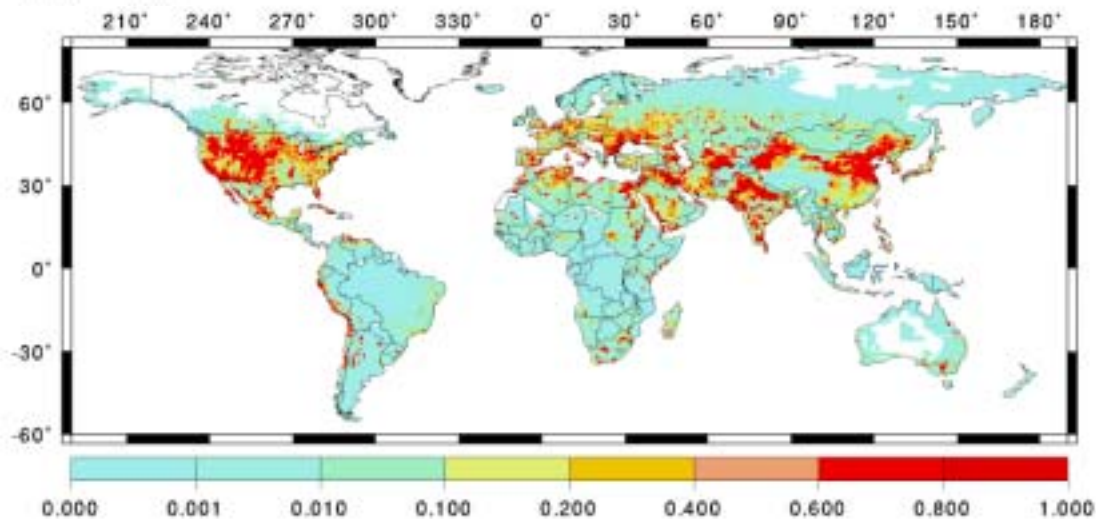


上流からの河川水が
全て使える時

Withdrawal to Availability Ratio

Alpha=0.0

1995



上流からの水を
全く使えない時

水需要量推定の改良：これまでは...

同じようなデータを使っている

- 国別統計(WRIなど) + ごく少数のグリッドデータ (CIESIN人口など)

◆ 同じような単純な手法を使っている

- 「灌漑量は灌漑面積に比例」 など
プロセスを無視した仮定
- しかしデータの制約から、そうせざるを得なかった

国別統計の呪縛から逃れ、
水需要プロセスをきちんと組み込んだ
自立的な計算方法を使うことが必要。

最初は(取水量が最も多い)農業用水から

農業モデル「EPIC」で 灌漑水量を推定する

- ◆ EPIC: 農業生産に関するプロセスを網羅的に含んだ世界標準モデル
- ◆ 灌漑取水量の算定: EPICの応用
 - 気象データ・穀物種類・土層データ等から...
 - 土層の水分を最適に保つための水量を計算
 - ◆ 「最大有効灌漑水量」
 - 各月で、実際に有効に使える水の量を計算
 - ◆ 「灌漑水量」

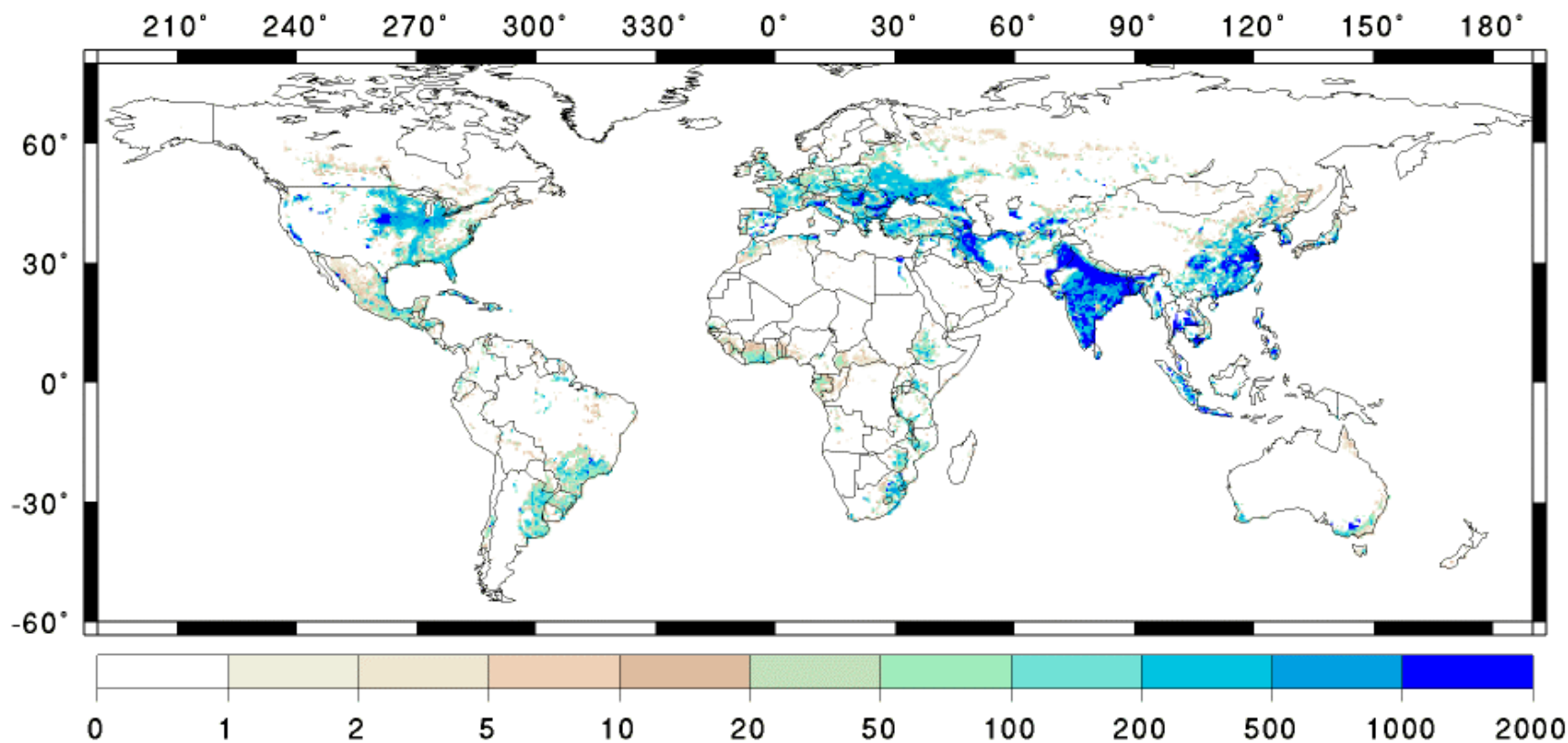
EPICによる灌漑水量推定

◆月ごと、全陸地0.1度グリッド値

Annual Irrigation Water Withdrawal

estimated by EPIC [$10^6 \text{ m}^3/\text{year}/0.5^\circ\text{grid}$]

by Dr. Tan

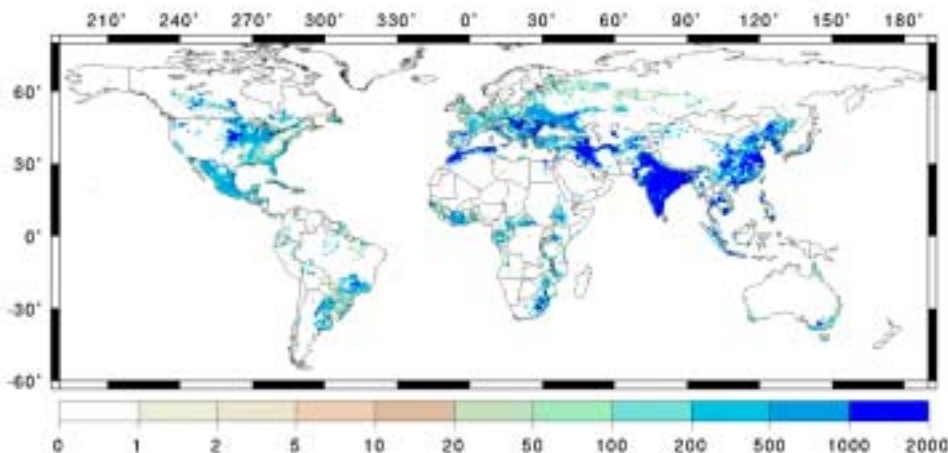


年合計 灌漑水量

EPICによる灌漑水量推定(2)

Annual Agricultural Water Withdrawal

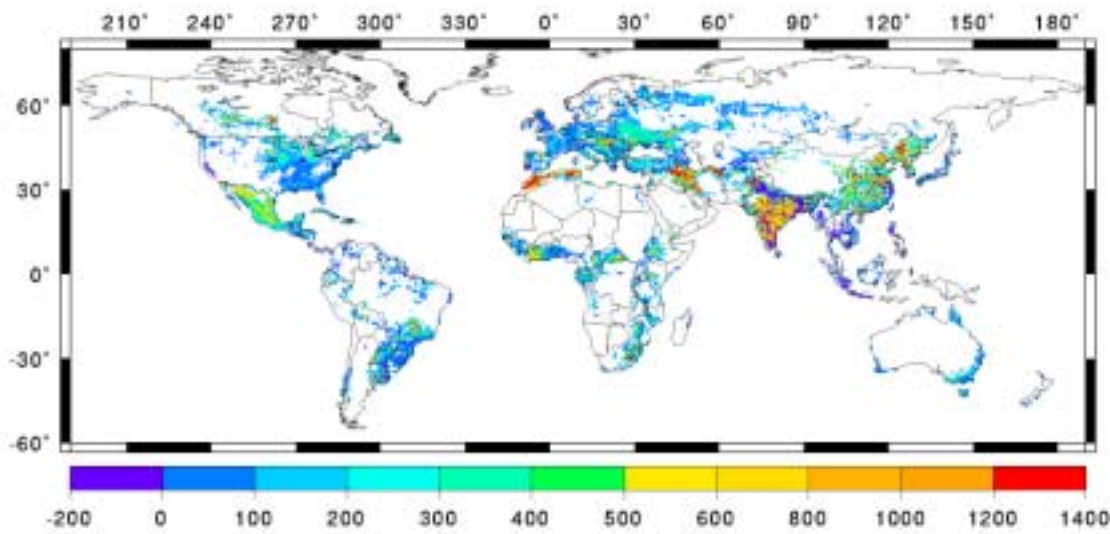
Irrigation water demand from EPIC [$10^6 \text{ m}^3/\text{year}/0.5^\circ\text{grid}$]
by Dr. Tan



最大有効灌漑水量

Annual Irrigation Water Deficit

(max. minus Real) estimated by EPIC [$10^6 \text{ m}^3/\text{year}/0.5^\circ\text{grid}$]
by Dr. Tan



最大マイナス実際

赤いところは、水資源制約で
食糧生産が落ちている

WRI灌漑水量とEPIC灌漑水量

◆ WRI:これまで使用

国別統計灌漑水量値を, その国内で灌漑面積グリッドデータで面積配分

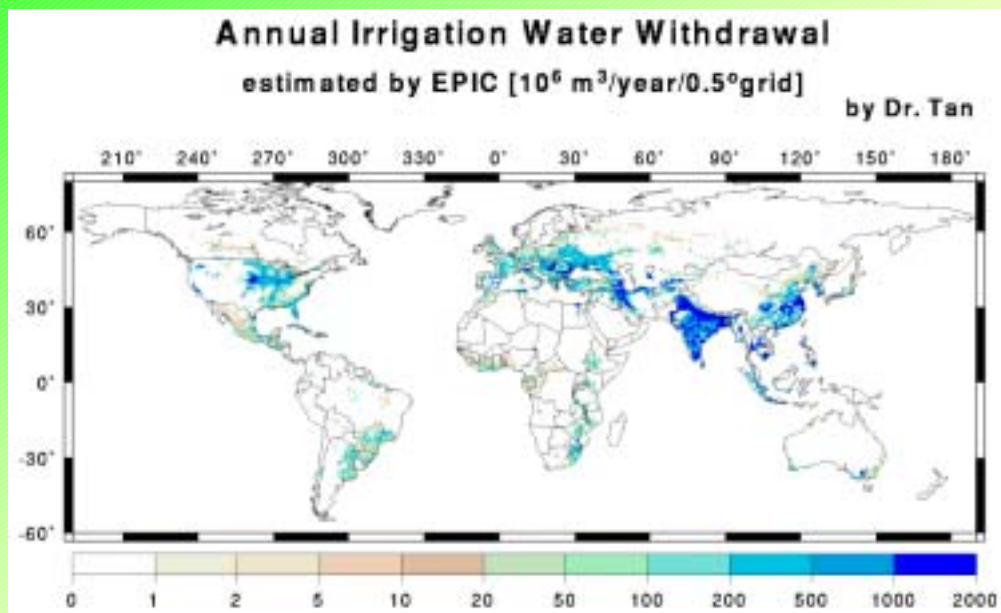
- 穀物種の地域差は無視

◆ EPIC:今回使用

グリッドごとに自らのアルゴリズムで灌漑水量を推定

- 各地点の穀物種を自動的に判定
- 国毎の食糧生産量はFAO統計値と合う事が確認済

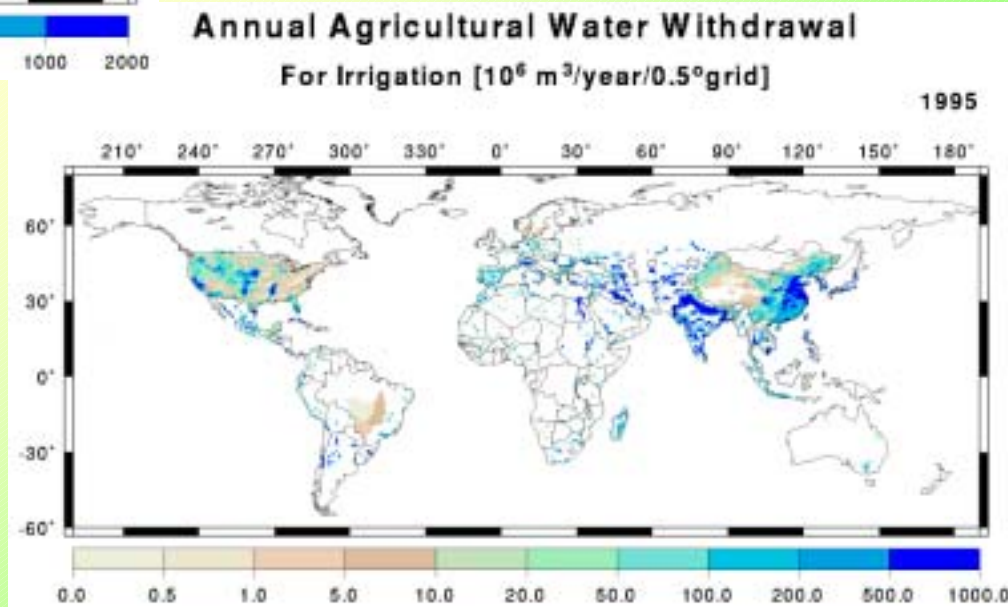
農業取水水量比較



EPICから

WRIデータから

- ◆ EPICから推定した方が大きい
- ◆ 使われる位置が違う(米国など)



WRI統計値との食い違い

◆ EPIC = 5,631 WRI = 2,396 ($\times 10^9\text{m}^3$)

◆ 原因は？

■ EPICの過大評価

- ◆ 使える水があってもそれが使われるとは限らない
 - EPICの「農地」は本当に農地か？
- ◆ 灌漑方式の進化が正しく反映されているか？

■ WRIの過小評価

- ◆ 国別統計値の信頼性: もっと水は抜かれている？
 - この取水量でこの食糧は本当に作れるのか？

◆ 真実の値はこの両者の間？

- 複数の方法の相互比較(「握手」のひとつ)により、
正解の範囲を狭め、計算方法を改良し、
真実を追い詰める

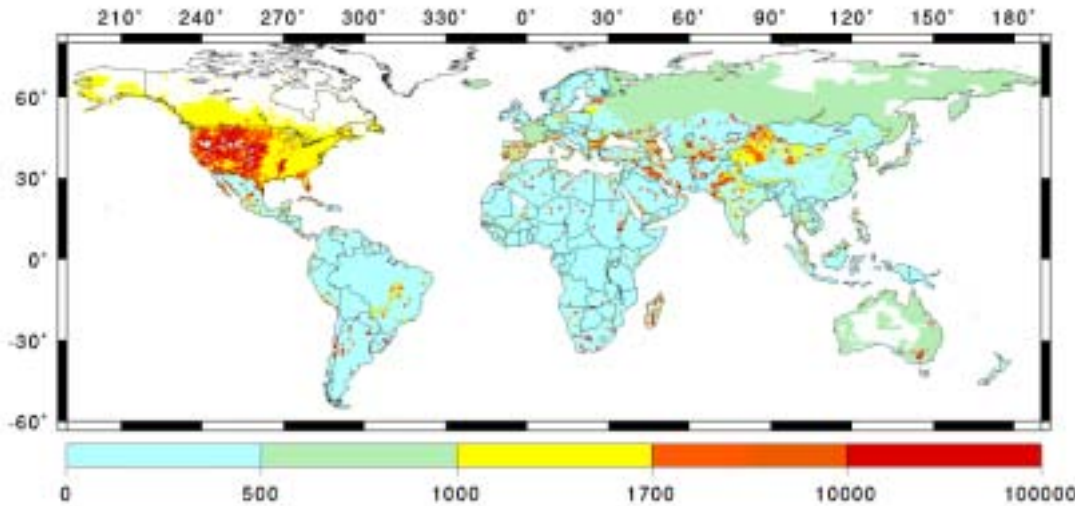
水需要評価：WRI版とEPIC版

Annual Water Demand per capita
(W - S) / population [m³ / year / person]

1995

水需要量 per capita

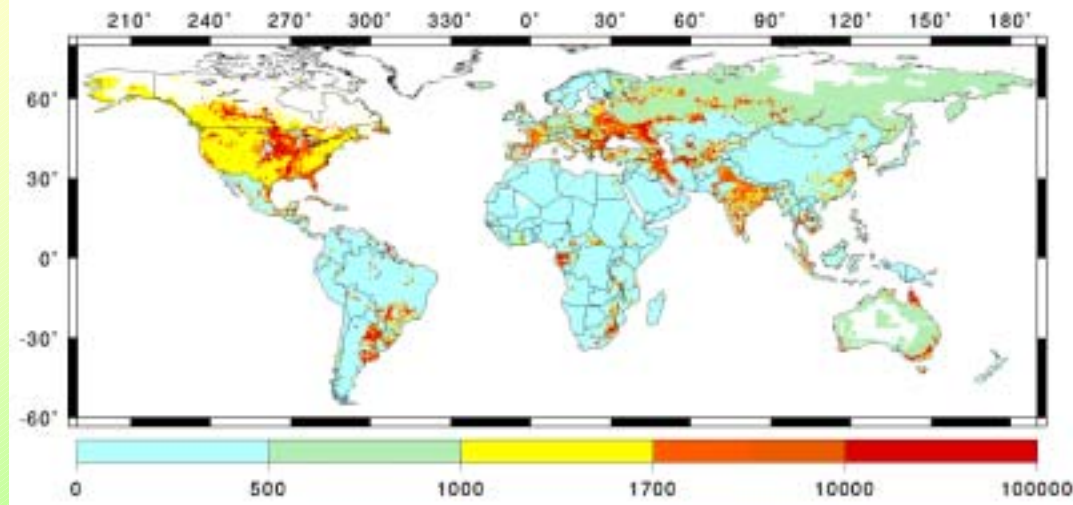
WRI版



Annual Water Demand per capita
(W - S) / population [m³ / year / person]

1995

EPIC版



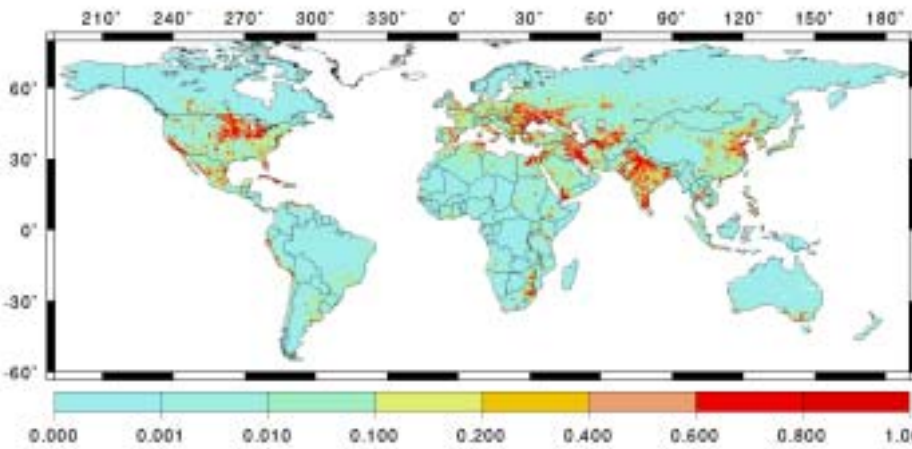
水危機評価：WRI版とEPIC版

- ◆ グリッド毎の農業プロセスを計算したEPIC版
- ◆ 国別統計と灌漑面積だけを使ったWRI版

Annual Withdrawal to Availability Ratio

$$(W - S) / Q$$

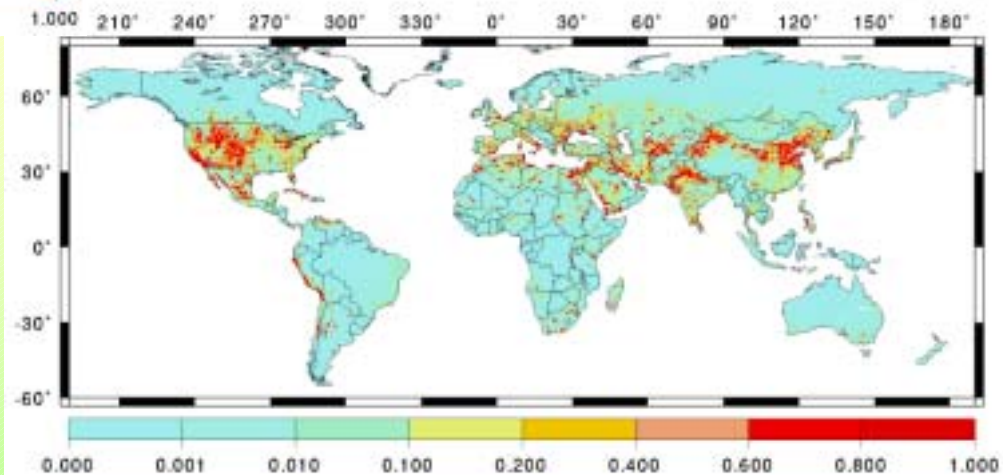
EPIC version, 1995



Annual Withdrawal to Availability Ratio

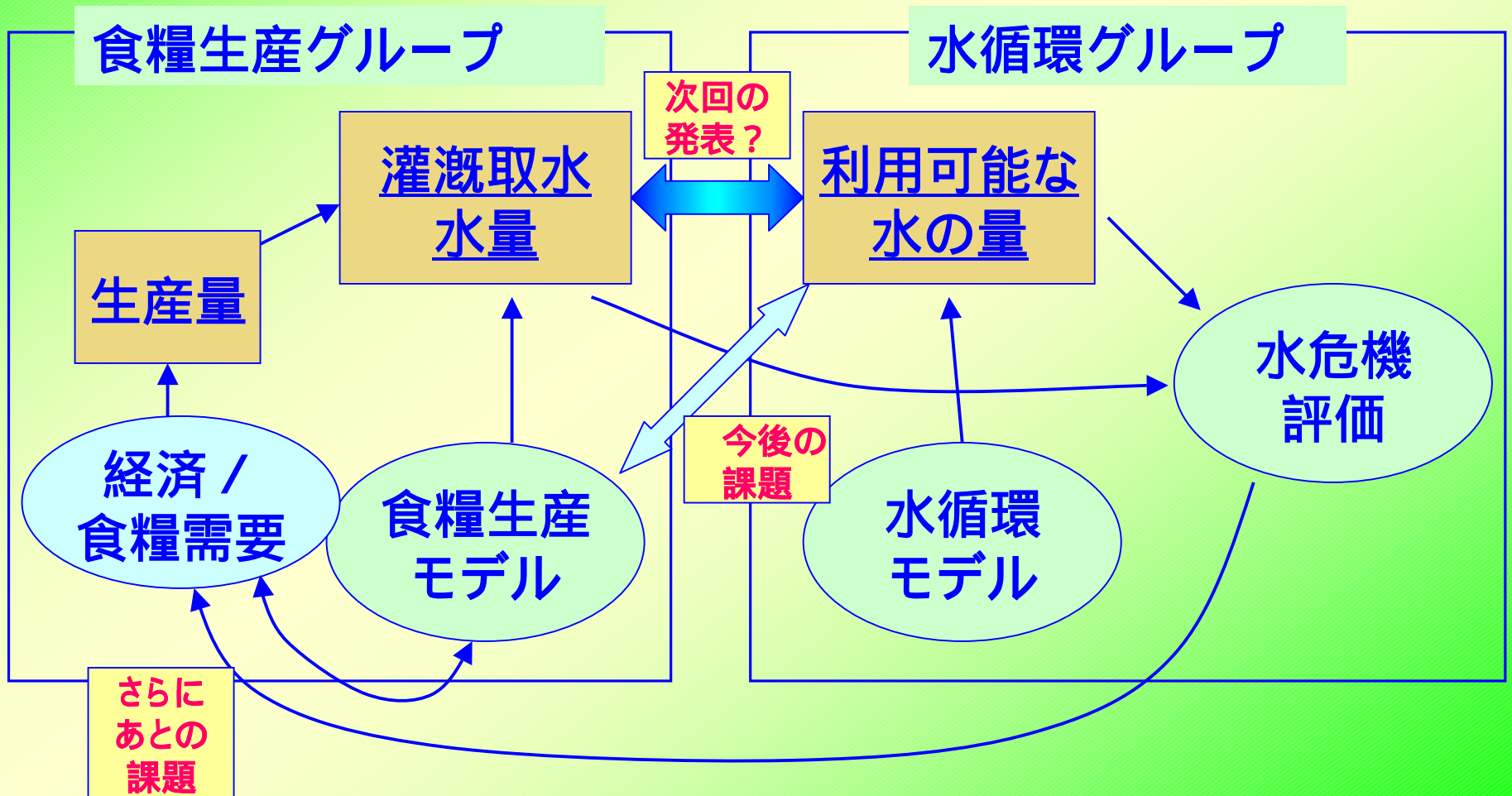
$$(W - S) / Q$$

1995



- ◆ 位置も多少異なる。

食糧生産モデルと水循環モデルの「もっと握手」



モデルの「握手」を阻むもの

◆モデル間の開発思想の違い

- 内部変数か外部データかの食い違い
- どう克服？ 適切なインタフェース設計と、モデルのモジュール化を並行して行なう必要
 - ◆ 複数のモデルで、同じ値を内部計算している例多
 - ◆ 複数のモデルで行われる同種の計算の抽出

◆移植・コード読み解きが出来る人・時間

CRESTの成果としてのモデル群 「MANDALA」(仮称)のあり方とは？

モデル設計(モジュール)

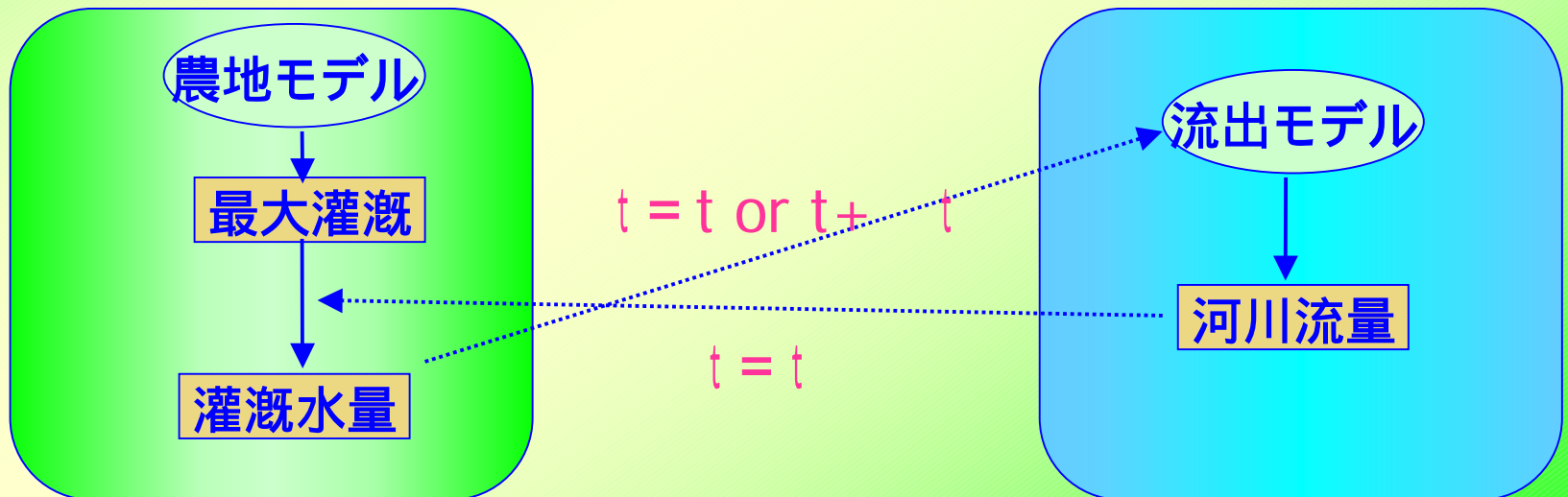
1. 各サブモデルが通信しあいながら自らは自律的に行動する
分散モジュールモデル
2. 単体モデルを全てモノリシックに統合した巨大モデル
といってもコーディング上はモジュール(クラス)化を行なう

モデル設計(データ構造)

1. 集中型(世界は一つ)
2. 分布型(すべてのグリッドにobject)
3. パーツ型(国や地域ごとに一つのobject)

モデルを「つなぐ」

- ◆ キャッチボールと同じで、まずはone to oneから
- ◆ 共通データ
- ◆ モデルにとって必要な情報：
 1. データの送受信方法
 2. 自分の「何」が相手の「何」に影響を与えるか
 - Whatだけ知っていればいい。Howの情報は不要で、相手とにかく「投げる」or相手が「受け取れる」場所にデータを置く



データ: 気象・地形・土壌・現存植生・土地利用・人口・経済...

データの送受信

◆ 「オフライン」: ファイル渡し

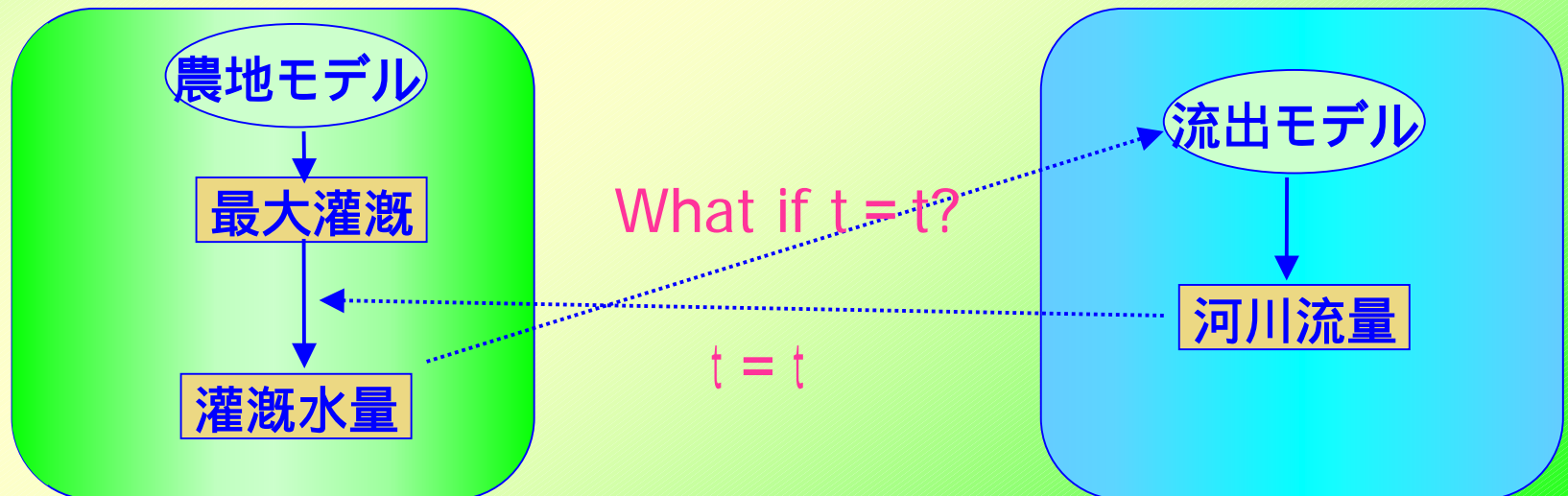
- 決まった場所に, 決まった形式の, メタデータ付のファイルをおき, お互いにそこを参照する
- データの「要求」方法を別途定める必要あり

◆ 「オンライン」: socket, SOAPなどのネットワーク技術:

- 要求 - 受信まで全てネットワーク技術

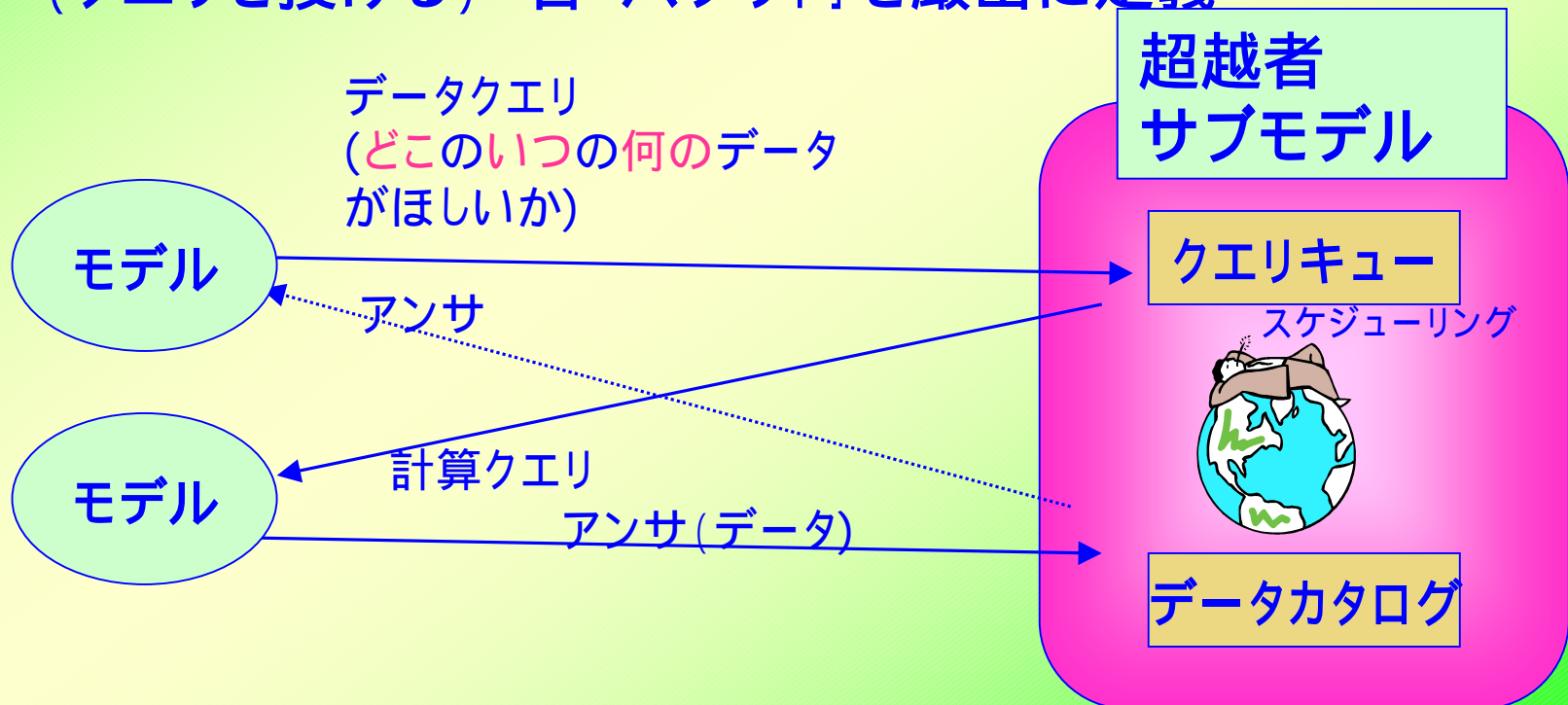
◆ データ要求の構造は難しい

- 「要求ループ」の処理 / 当該データを計算するモデルがない場合



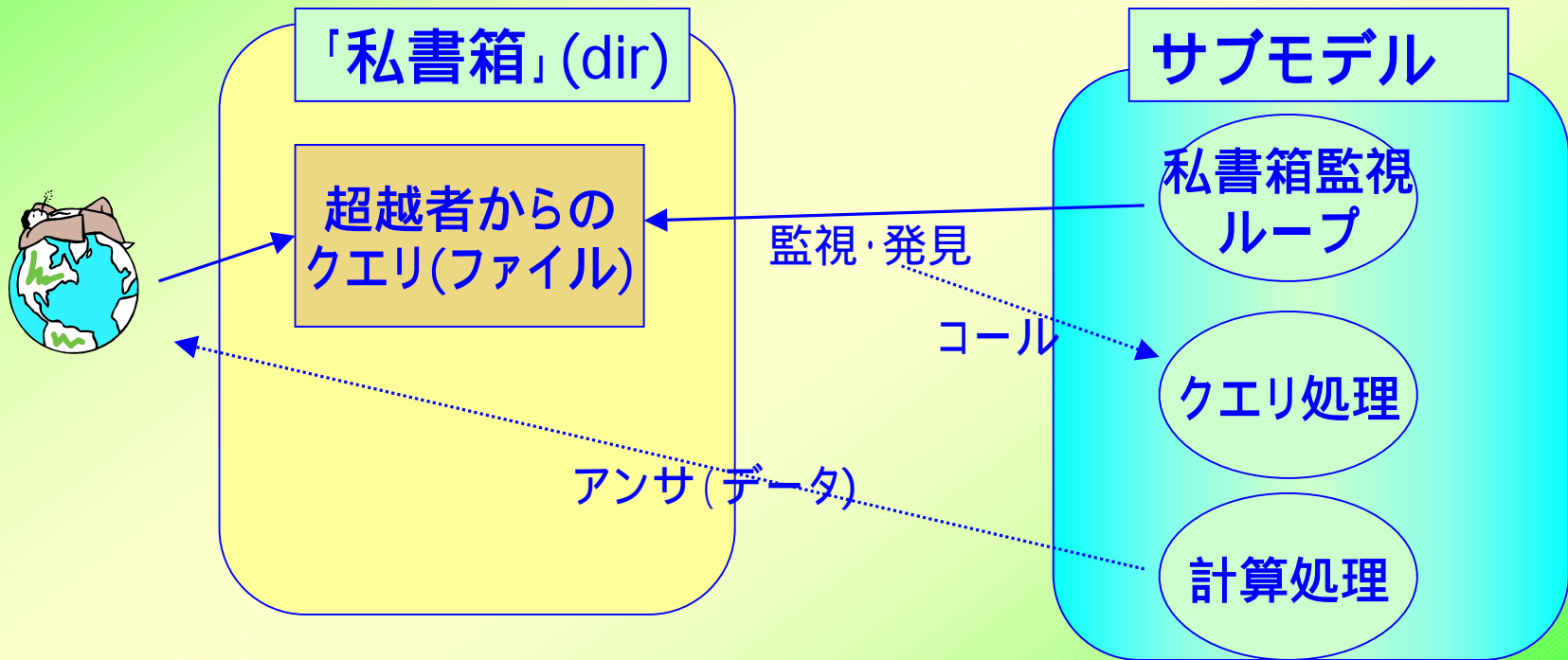
Solution1: 超越者モデルの導入

- ◆ 全てのデータのインヴェントリを管理
- ◆ 各モデルの要求を処理
- ◆ 各モデルの結果を格納
- ◆ 各モデルは、この超越者モデルに対してだけ問合せをする (クエリを投げる) 各「ポケット」を厳密に定義



既存モデルは対応できるのか

- ◆ 全てをいきなりSOAP化(など)は現実的でない
- ◆ モデルのオフライン構造を守り? ながらクエリ方式を実現する方法;"File-Driven"



SOAP / UDDI的に...

- ◆ モデルでは、一つのデータの計算に他の値の計算も行なうのが普通。
 - 一つ一つ順番にクエリを出すのは疑問
 - ◆ (注: モデル自体に結果のキャッシュを持っていれば別)
- ◆ UDDI: どのホスト(モデル)がどんなサービス(計算)をしてくれるのかという「電話帳」
 - 計算の始めに、「超越者」が、つながっている全モデルに「キミは何から何を計算するの」とレポートを要求
 - 超越者モデルはそれをもとにスケジューリング
 - 計算途中でそのレポート内容が変わる場合には対応できない
 - ◆ 第一世代としては妥当

結局...

- ◆ モデル(モデラーorユーザー)に要求されること:
 - 「何」と「何」と「何」と「何」と...から
 - 「何」と「何」と「何」と...を
 - 計算するののかということの認識

- ◆ じつは意外と難しい.
 - モデル間の設計思想の違い・用語のズレ.....
 - 水循環－食糧生産結合実験の期待される成果は、このノウハウの蓄積にあり！