

LED用溶液成長開発における 機械系CAE活用の問題点とOffice適用例

Problems in utilizing mechanical CAE
for developing solution growth processes used for LED
and an example of applying Office

諏澤寛源

反射層付Light-Emitting Diode (DBR-LED) 創始者
The Originator of Light-Emitting Diode
with Distributed Bragg Reflector (DBR-LED)

E-mail: automobile_21@yahoo.co.jp

オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
〒464-8603 愛知県名古屋市不老町名古屋大学ES総合館1階ES会議室

内 容

1. 背景
2. 溶液成長の簡単な説明と課題
3. Light-Emitting Diode (LED)の例と
溶液成長の有効性
4. LED用溶液成長開発の問題点
5. オープンソース活用例
6. 結言

背 景

- 溶液成長、LEDを取り上げたのは、下記以外に、発表者の実験経験に由来
- LEDの需要 年間数十兆円.
赤色の光: 野菜の生産に有効 ➡ 赤色LEDは世界を救う.
- 溶液成長は、良質な結晶が得られ、安全、省資源、省エネルギー.
- LEDの作成方法のひとつ.
- パワーエレクトロニクス材料の基板も作成可能.
- 高効率太陽電池、医療、防衛(飛行物体迎撃)用の
高性能検出器材料も作成可能.

機械系CAE活用により、革新的製造方法を期待できる.

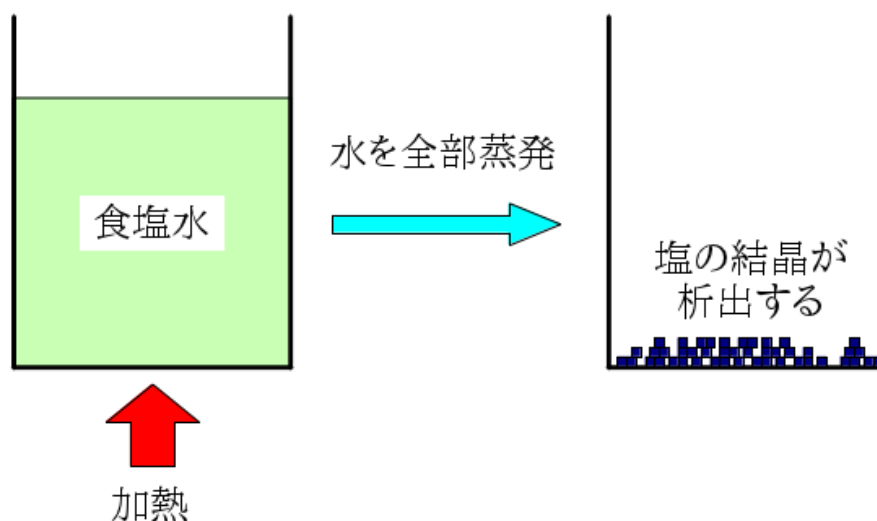
金属製造プロセスでは、ふんだんに使用されている.

しかし、機械系学会では、LED、溶液成長を扱う機会が少ない.

オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-Emitting Diode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

溶液成長の簡単な説明

溶液成長とは、溶液から固体が出現する現象である.



オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-Emitting Diode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

大きな結晶をつくる原理と課題

LEDを作成する溶液成長の原理

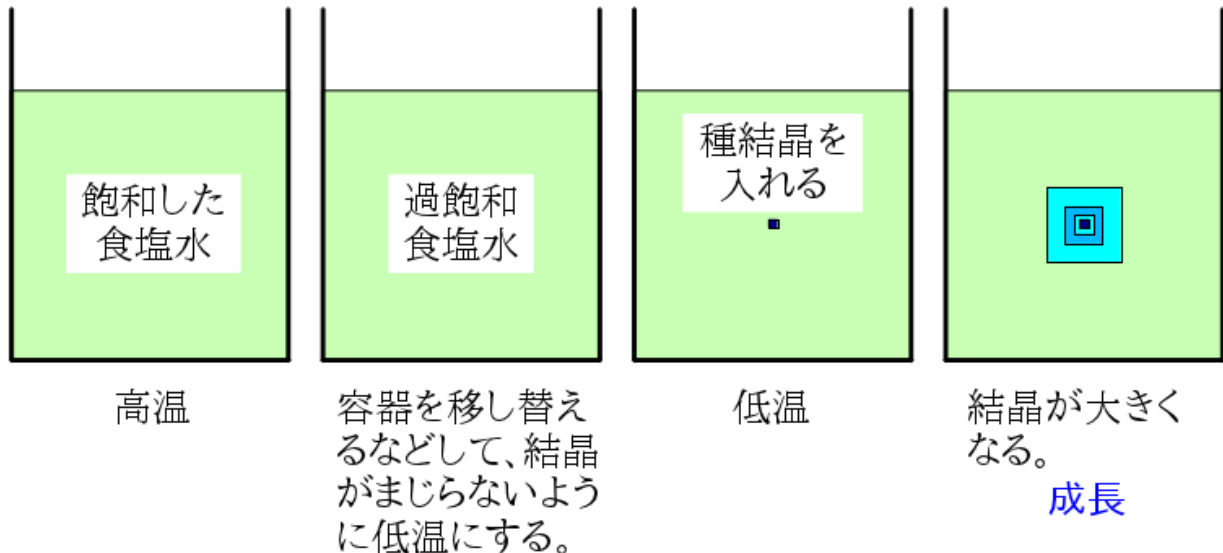
Bulk成長の原理でもある

Bulkが大きくなる現象

固溶体のbulk成長は、30年以上研究されているが、LED用は、未だ実用的な方法がない。



装置を白紙から設計し直す



オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00

H. Susawa The Originator of Light-Emitting Diode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

LED with distributed Bragg reflector (DBR-LED)

世界最初の
公的報告

諏澤他 GaAs基板上の反射層付面発光LED

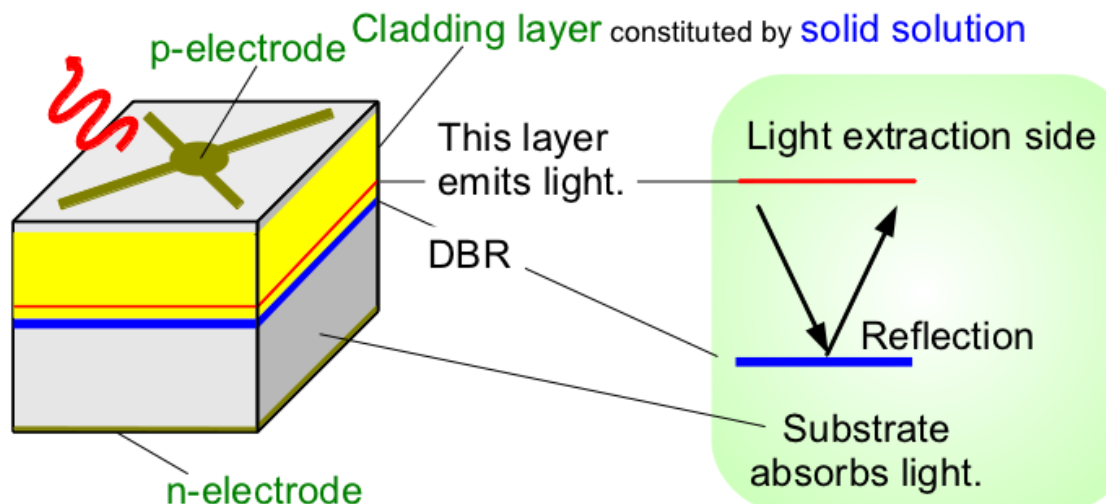
第50回応用物理学会学術講演会 28 p-ZB-10 (1989秋)

Light output with DBR

Normal type (without DBR) = 1.6

気相成長(MOCVD)で作成

気相から固体を作成。薄膜作成が得意。



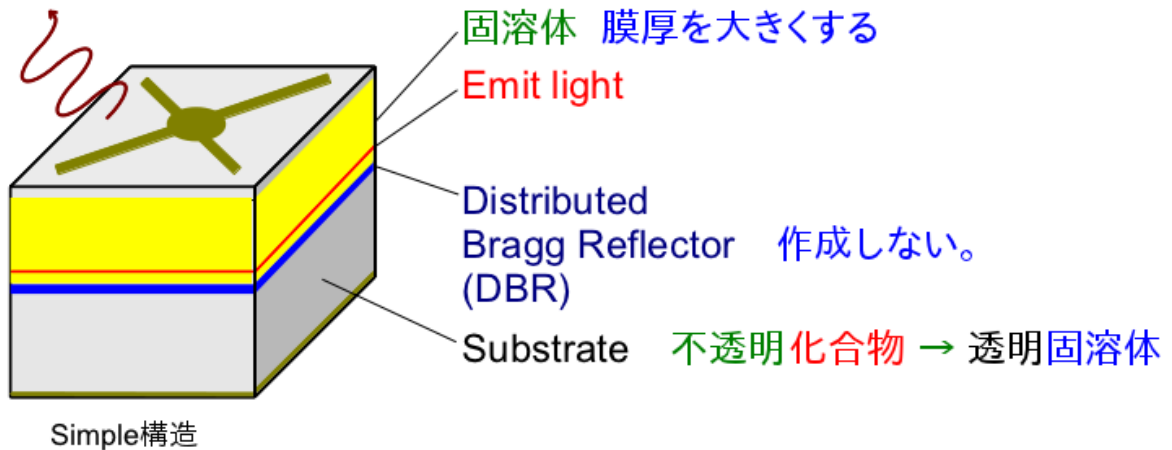
オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00

H. Susawa The Originator of Light-Emitting Diode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

溶液成長による改善

溶液成長は、厚膜作成に適している。
厚膜により光出力増大

光出力Normal typeの
1.6倍 → 2倍以上



AlGaAs系 赤外 → 赤色 InGaAlP系 simple構造でも効果あり
特殊構造効率100%LED 世界が変わる

LEDを開発してきた分野

LEDは主に応用物理分野で開発されてきた。

固体物理の研究が多く、ナノテクノロジーに注力している。

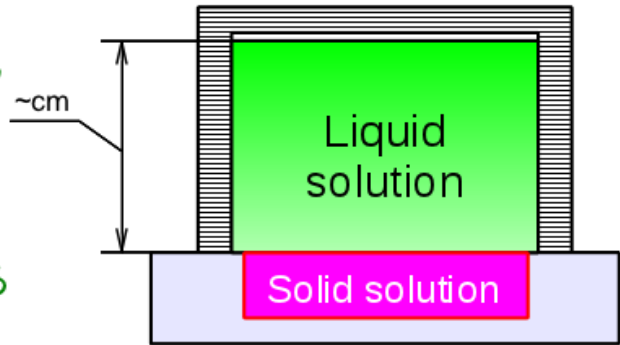
産業上の空白領域

装置はcmからメートル級なので、マクロな現象が主流

連続体力学で記述される。

広い意味では、応用物理に含まれるが、関連する雑誌で扱われるケースはほとんどない。

電気系の教育を受けた方が多い。電気系では、電磁気学を基本とし、研究に必要な場合は、量子力学も勉強する。教育カリキュラムはこれで精一杯。



連続体力学を活用してLEDを開発するのは、
学術上の空白領域
産業

オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-EmittingDiode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

Clue

One person has one's limitations.

It is sufficient for one person to master necessary parts of fields for developing LEDs.

Do not divide these fields among researchers.

Namely, one person must master necessary parts of these fields.

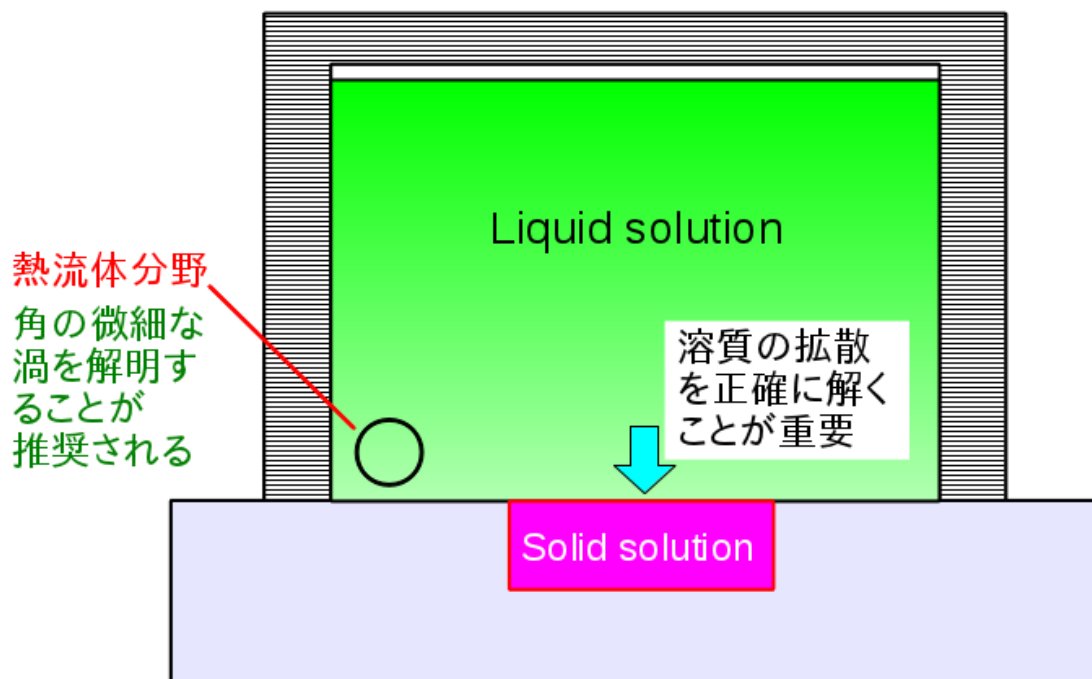
Recall Nobel winner
Nakamura's behavior in
developing blue LEDs.

固体物理と
機械系CAEの考え方を活用

bulk growth
epitaxial growth
electronic devices
fluid dynamics
mass and heat transfer
solid state physics
electromagnetism
the strength of materials
informatics
mathematics

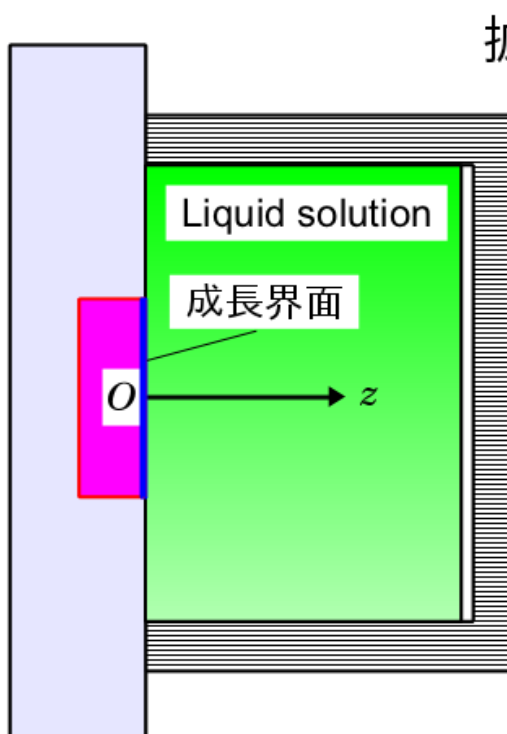
オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-EmittingDiode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

LED製造に見合った条件設定が必要



オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-EmittingDiode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

溶液内の物質移動



拡散方程式 流動なし

$$\frac{\partial X_i^1(z, t)}{\partial t} = D_i \frac{\partial^2 X_i^1(z, t)}{\partial z^2}$$
$$i = 1, 2, 3, \dots$$

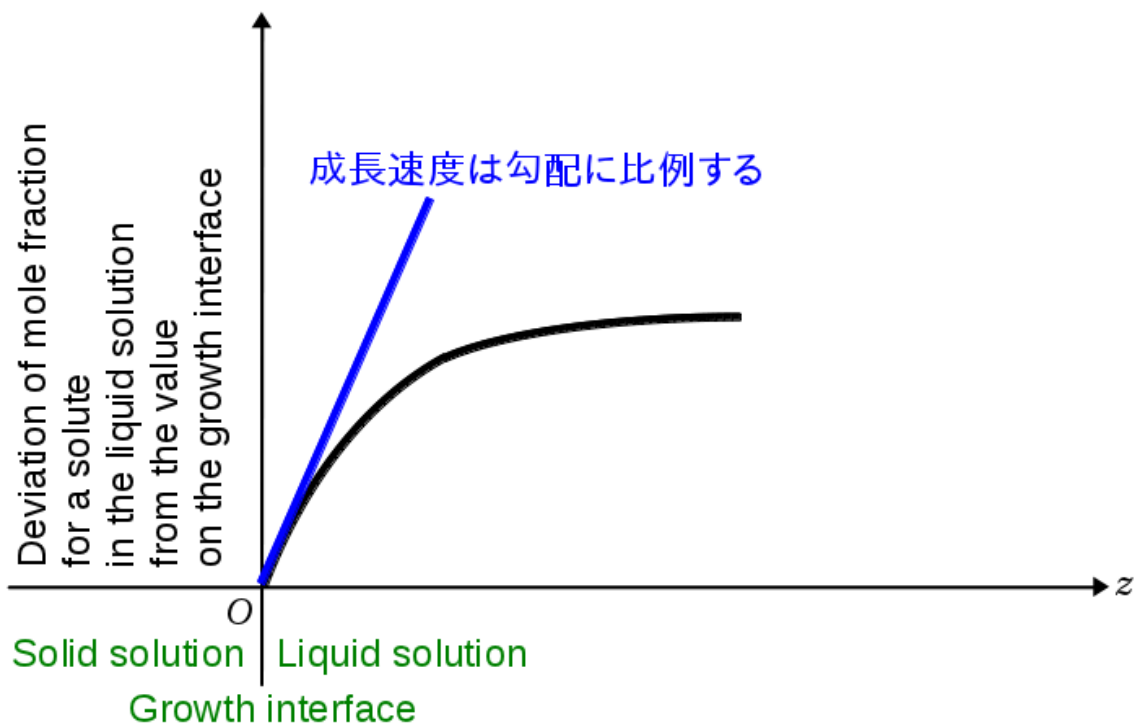
t : 成長時間

$X_i^1(z, t)$: 溶液中における溶質 i のモル分率

D_i : 溶液中における溶質 i の拡散定数. 一定.

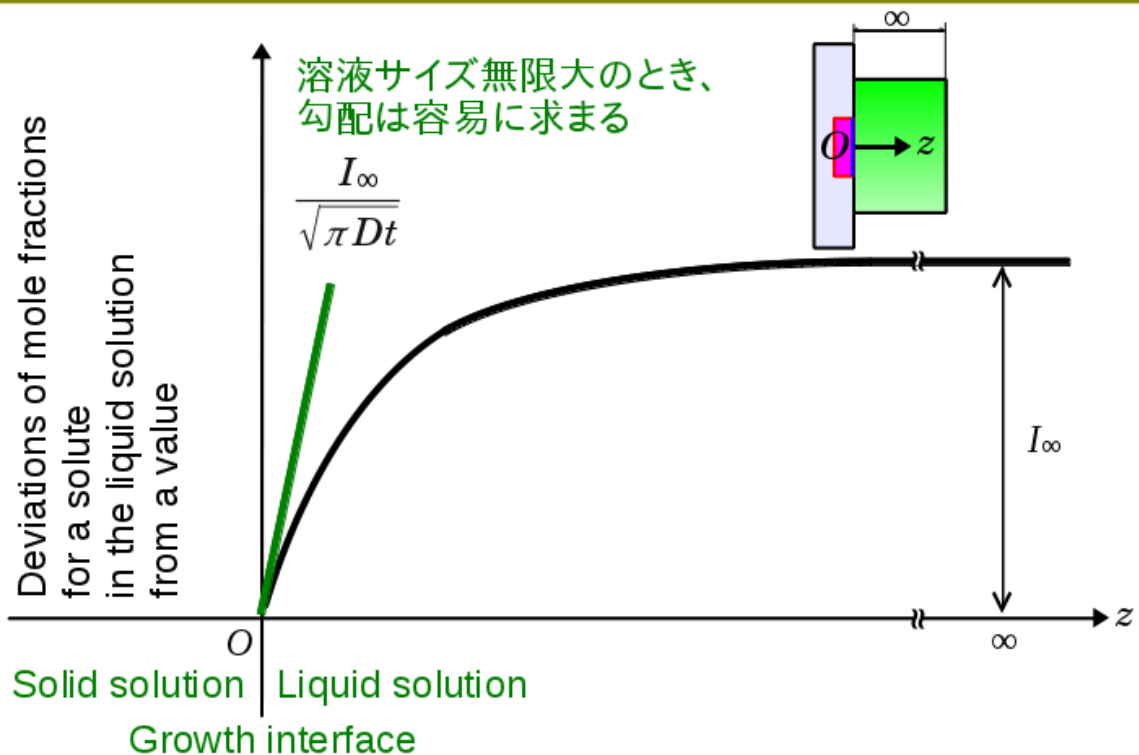
オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-EmittingDiode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

Diffusion-limited model



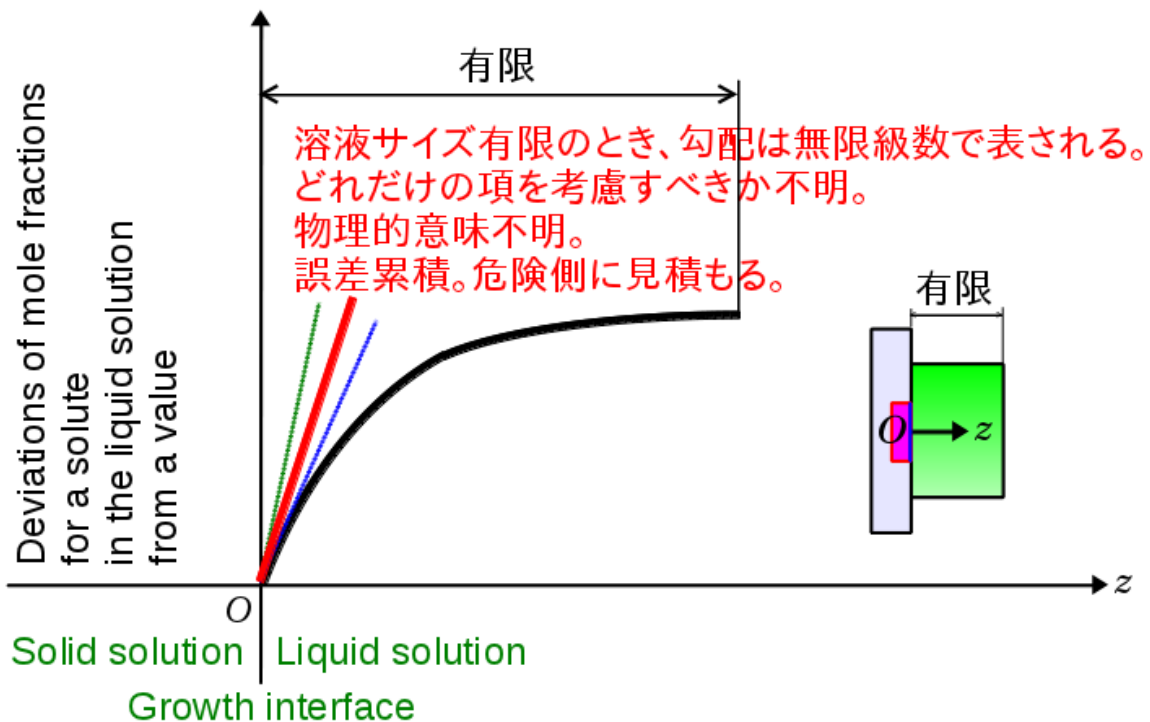
オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-Emitting Diode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

理想的条件



オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-Emitting Diode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

溶液サイズ有限の場合



オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-EmittingDiode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

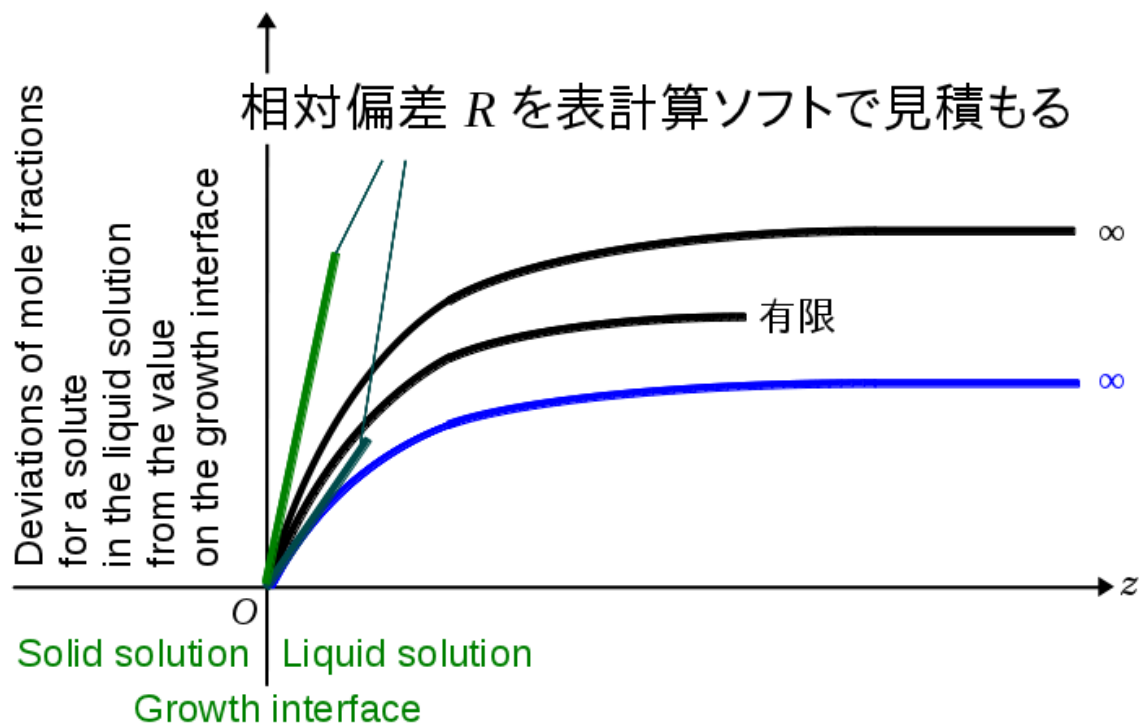
勾配の計算: 問題点 ➡ 解決策

- 化学工学では物質収支が重要視されるが、勾配を正確に求めることとは直接関係がない。必要条件でもなければ十分条件でもない。
- 実験と比較するのは、モデルの検証であり、計算処理の検証ではない。
- 有限の場合、解析解は無限級数であり、活用方法は確立していない。
- 新型コンピュータにはソフトウェアが十分実装されない場合がある。
- 長いプログラムはバグの原因になる。



- パソコン
- オープンソース
- Office
- 表計算ソフト付属関数
- 独自の数学を開発

理論誤差の見積り

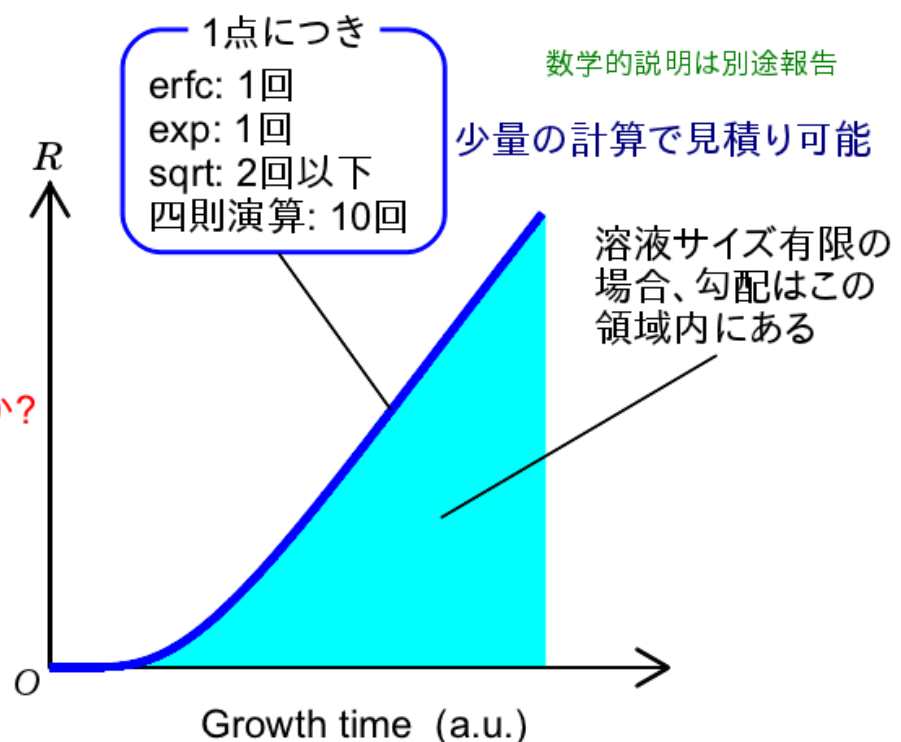


オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-EmittingDiode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

勾配の相対偏差

Linux付属の
表計算ソフト使用

理想的条件は
適用可能か?
実験条件は十分か?
の目安になる



オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-EmittingDiode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

結 言

- 溶液成長はLEDの性能向上に有効である.
- 現象の中核部分は, 連続体力学で記述され, 学術, 産業上の空白領域である.
- 製造方法の革新に機械系CAEを活用すべきである.
- 計算処理の検証には, 独自の方法が必要であり, Officeを適用した例を紹介した.

オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-Emitting Diode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp

Thank you very much for your attention.

オープンCAE学会 オープンCAEシンポジウム2017 企業内利用・支援ツール 2017.12.9 13:45-14:00
H. Susawa The Originator of Light-Emitting Diode with Distributed Bragg Reflector automobile_21@yahoo.co.jp