

JEITA講座

「計量計測トレーサビリティ概論」

横河電機株式会社

品質保証本部計測標準部 霞芳伸



- ❖ 計量計測トレーサビリティは、測定結果の同一性を確実にするためのものであり、経済・製造・医療等の社会活動を維持するための基盤のひとつである。
- ❖ 計量計測トレーサビリティとは、測定の結果が不確かさが評価された校正の切れ目のない連鎖により、決められた基準へ関連づけることができることである。

現在の日本においては、食品のトレーサビリティは広く知られているが、計量計測トレーサビリティはなじみが薄い。本講義では、計量計測トレーサビリティの必要性とその仕組みについて詳細に述べるとともに、両者の違いについても明らかにしたい。
講義により、みなさんが計量計測に興味をもち、今後の生活や実験等で測定にこだわるようになっていただけたら幸いです。

食品のトレーサビリティ

YOKOGAWA ◆

平成16年12月1日

食卓が牧場と
つながります。

牛肉のトレーサビリティについて

国内で飼育された牛の精肉には、牛の個体識別番号(又はロット番号)が表示されます。個体識別番号により、その牛がいつ、どこで生まれ、育てられ、食肉処理されたかや、品種などが確認できます。

バック販売での表示例

対面販売での表示例

牧場

小売店

消費者

●(独)家畜改良センターのホームページにアクセスし、個体識別番号を入力することで、その牛の情報をみるができます。

<http://www.nlbc.go.jp/>

《携帯端末から》
<http://www.id.nlbc.go.jp/mobile/>

日本における牛トレーサビリティ制度創設の背景
BSE(牛海綿状脳症、狂牛病)は牛の疾病で、牛の脳の中にスポンジ(海綿)状になる病気で、感染した牛肉を食べた人へも感染することが疑われている。

2001年9月、日本国内において、BSEの発生が確認されると牛肉の消費が急激に減少するとともに、大きな社会不安が発生した。

そのため、食品の「安全」と「安心」の確保が急務となった。

「安全」確保のためには、特定危険部位の除去や全頭検査が行われ、「安心」確保のためには、生産・流通過程の透明性確保が必要となり、トレーサビリティ制度が導入された。すなわち、牛の出生から育成・と畜・加工の経路を把握することにより、万が一、問題が生じた際の原因究明や食品の追跡・回収を可能にしたのである。同時に、食品の安全性や品質、表示に対する信頼を確保することが可能となった。

食品のトレーサビリティ

農林水産省<http://www.maff.go.jp/j/syuan/tikusui/trace/pdf/beef_trace21.pdf>

食品のトレーサビリティ

YOKOGAWA ◆

a. 誕生・輸入



b. 牧場



c. と畜



d. 販売店



e. 消費者



家畜改良センター - Microsoft Internet Explorer

アドレス http://www.nlbc.go.jp/

牛の個体識別情報検索サービス (独)家畜改良センター

トップページ >> 同意確認 >> 牛個体識別番号情報

牛の個体識別番号10桁(半角)を入力して検索ボタンを押してください。

1218396855 検索

ご注意: 1回のアクセスで検索できるのは 50 頭以内です。
(検索を続ける時は再度アクセスしてください。)

● (平成20年02月26日現在)

個体識別番号	出生の年月日	雄雌の別	母牛の個体識別番号	種別(品種)
1218396855	H17.12.23	メス	1195215163	交雑種(肉専用種×乳用種)

飼養県	異動内容	異動年月日	飼養施設所在地	氏名または名称
1 神奈川県	出生	H17.12.23		
2 神奈川県	転出	H18.01.19		
3 静岡県	搬入	H 18.01.19	駿東郡長泉町	静岡県経済連三島常設家畜市場
4 静岡県	取引	H 18.01.19	駿東郡長泉町	静岡県経済連三島常設家畜市場
5 神奈川県	転入	H18.01.19		
6 神奈川県	転出	H18.02.16		
7 静岡県	搬入	H 18.02.16	駿東郡長泉町	静岡県経済連三島常設家畜市場
8 静岡県	取引	H 18.02.16	駿東郡長泉町	静岡県経済連三島常設家畜市場
9 山梨県	転入	H18.02.16	甲斐市	(有)小林牧場
10 山梨県	転出	H20.01.17	甲斐市	(有)小林牧場
11 山梨県	搬入	H20.01.17	笛吹市	(株)山梨食肉流通センター
12 山梨県	と畜	H20.01.18	笛吹市	(株)山梨食肉流通センター

印刷ボタン (印刷する時は、このボタンを押し、ポップアップページのブラウザの印刷機能を使用してください。)

検索結果の見方についてのご説明
種別区分(品種)についてのご説明

(独)家畜改良センター<http://www.nlbc.go.jp/index.asp>

❖ 状況

- － ある骨董品店に伝説の角棒が持ち込まれました。市場価格は1cm、一万円です。長さを測定して持ち込まれた角棒の価格を決めてください。

❖ 測定条件

- － 3人の方に協力してもらいます。
- － ものさしA,B,Cの一つを使用して角棒の長さを測定してください。
- － 測定は、cm単位で、小数点第二位まで求めてください。
例：13.45cmと測定する。

実験結果

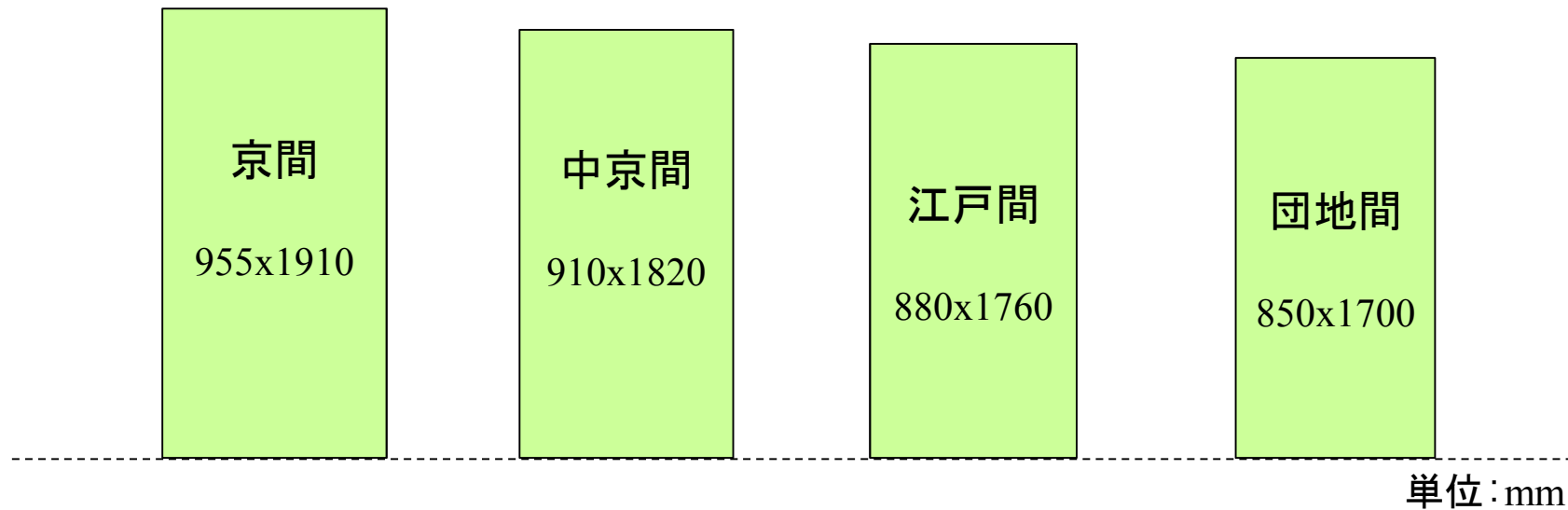
❖測定結果…



❖買うとき、売るとき…

❖こんな話って…

畳の寸法は統一されていない…

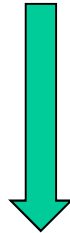


測定の重要性

右図は、米屋に嫁いだ嫁が舅から大きな買い枴で買って、ちいさな売り枴で売ると言われ、あまりのひどさに、「こんな家に居られない」と暇乞いをすると、さすがの舅も行いを改めた。

「はかる」重要性と、ものの善悪を教えた版画です。

出典：横河電機・計測博物館（休止中）



「はかる」ことは経済活動の基本



日常生活における測定

YOKOGAWA ◆

電気料金



何度ご利用いただきありがとうございます

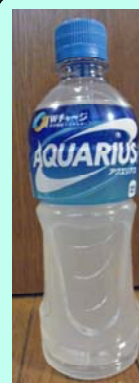
気ご使用量のお知らせ

使用場所 甲斐市

5年 5月分	ご使用期間 検 計 月 日 4月16日 ~ 5月16日 5月17日 (31日間)	ご契約種別 ご 契 約 50A	従量電灯B
使用量	541kWh	当月指示数 前月指示数 引	4298 3757 541
請求予定金額 (うち消費税等相当額)	15,311円 729円	当 月 指 示 数 計器乗率 (倍) 取替前計量値 計器番号 (下3桁)	4298 158
基本料金	1,365円00銭	昨年 5月分は34日間で 669kWhです。 今月分は1日あたり 11%減少しています。	
電 1 1 段料金	2,266円80銭	燃料費調整	
電 1 2 段料金	4,534円20銭	再エネ発電賦課金等	216円
電 1 3 段料金	7,013円10銭	電化財房住宅割引	-414円42銭
燃料費調整	384円11銭	口座振替割引	-53円00銭

お問い合わせは
~おかけ間違い
お問い合せ先/カスタマ
お引越し/ご契約
0120-999
その他の電気に
0120-999

ペットボトルの容量



ミンC)、甘味料(スクラロ
ン●内容量 500ml●賞
法 高温・直射日光をさ

肉のおもさ

ロースハムスライス (加熱食肉製品加熱後包装)

保存方法4℃以下



1.15
力堂 甲府昭和店 TEL.055-268-1311
県昭和町西条13-1
5247
001891
100g当
り(円)
正味量
(g)
148
128g
価格(円)
189

測定は社会生活に
なくてはならない



製造工場



医療

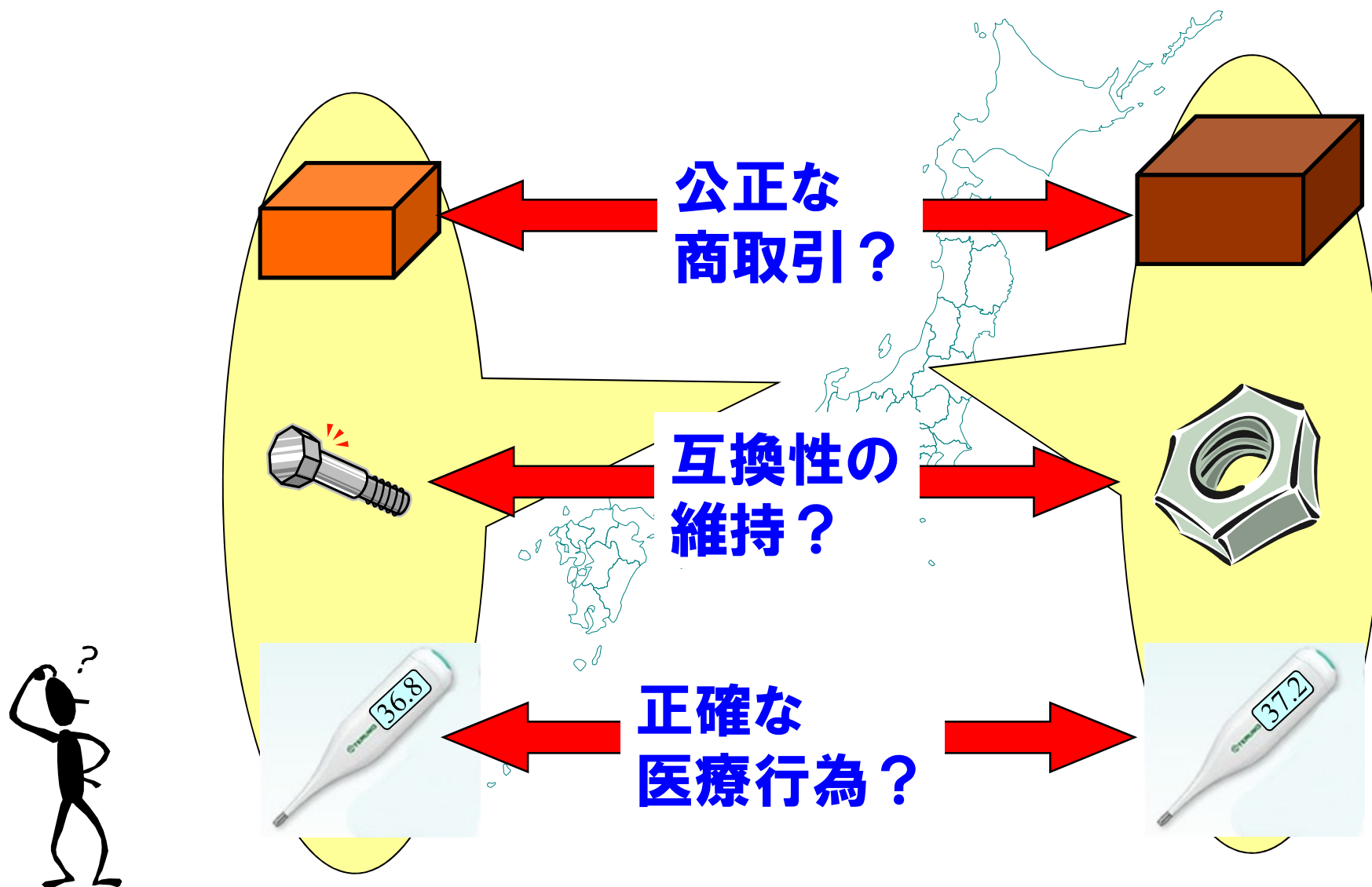


タクシー料金

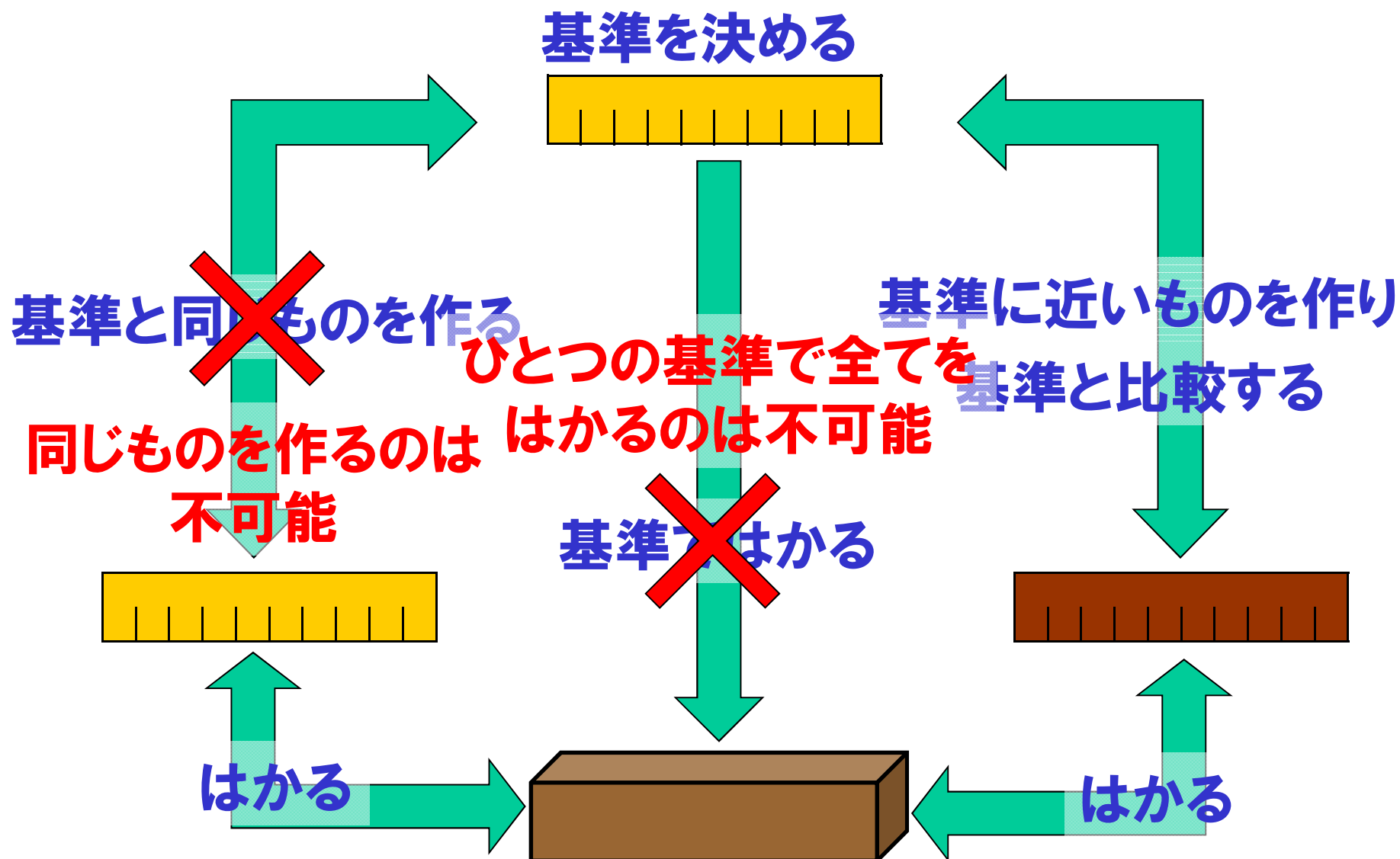


産総研,「産総研 SAN.SO.KEN」, 2006 No.1 はかるの基本<http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/san_so_ken/200601/sansoken200601.pdf>

測定結果が異なると・・・



測定結果を同じにするには・・・



測定結果を同じにするには・・・

基準を決める



先ほどの実験で確認する
ものさしの基準との比較結果は？



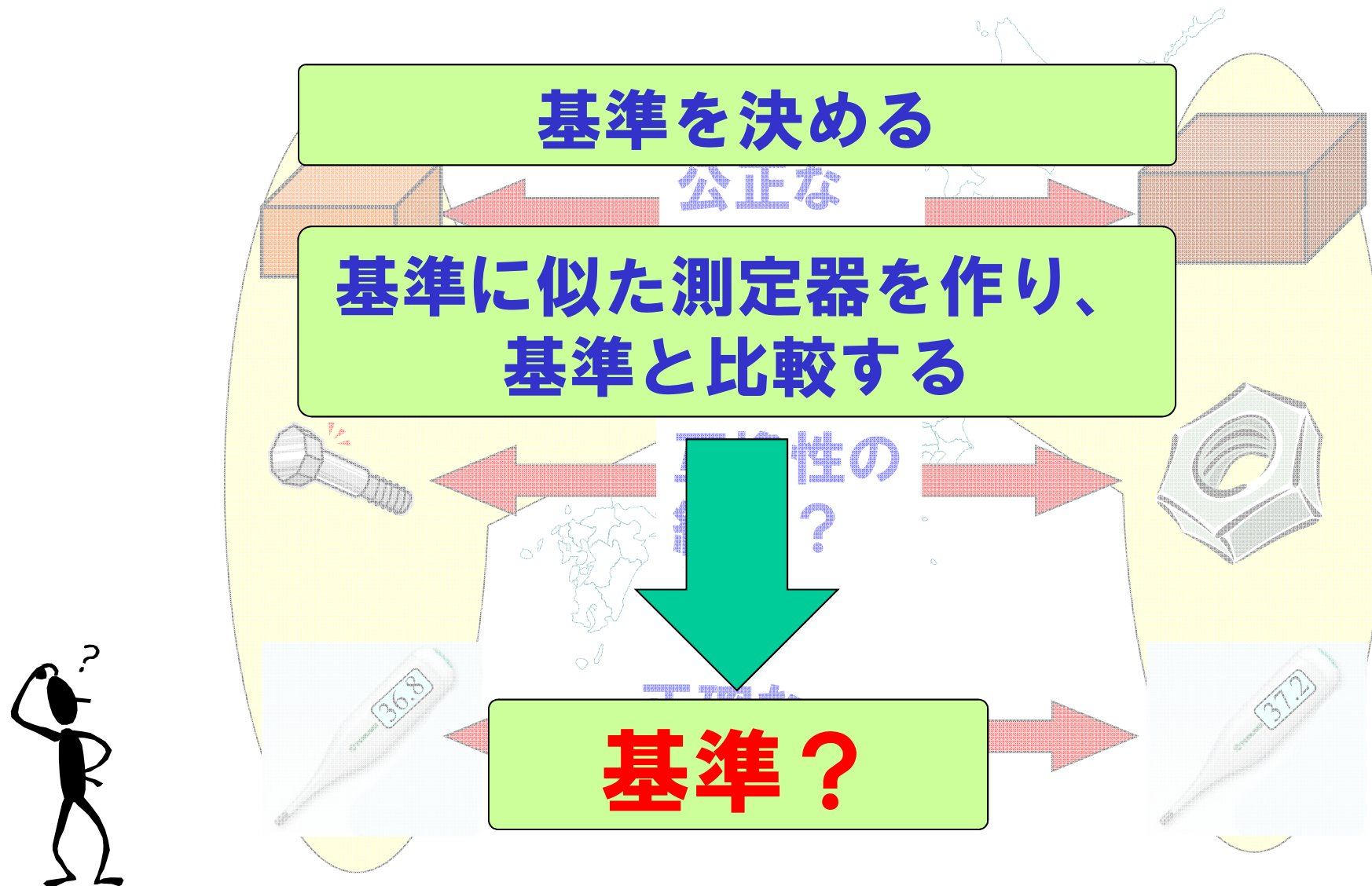
基準に近いものを作り
基準と比較する



はかる

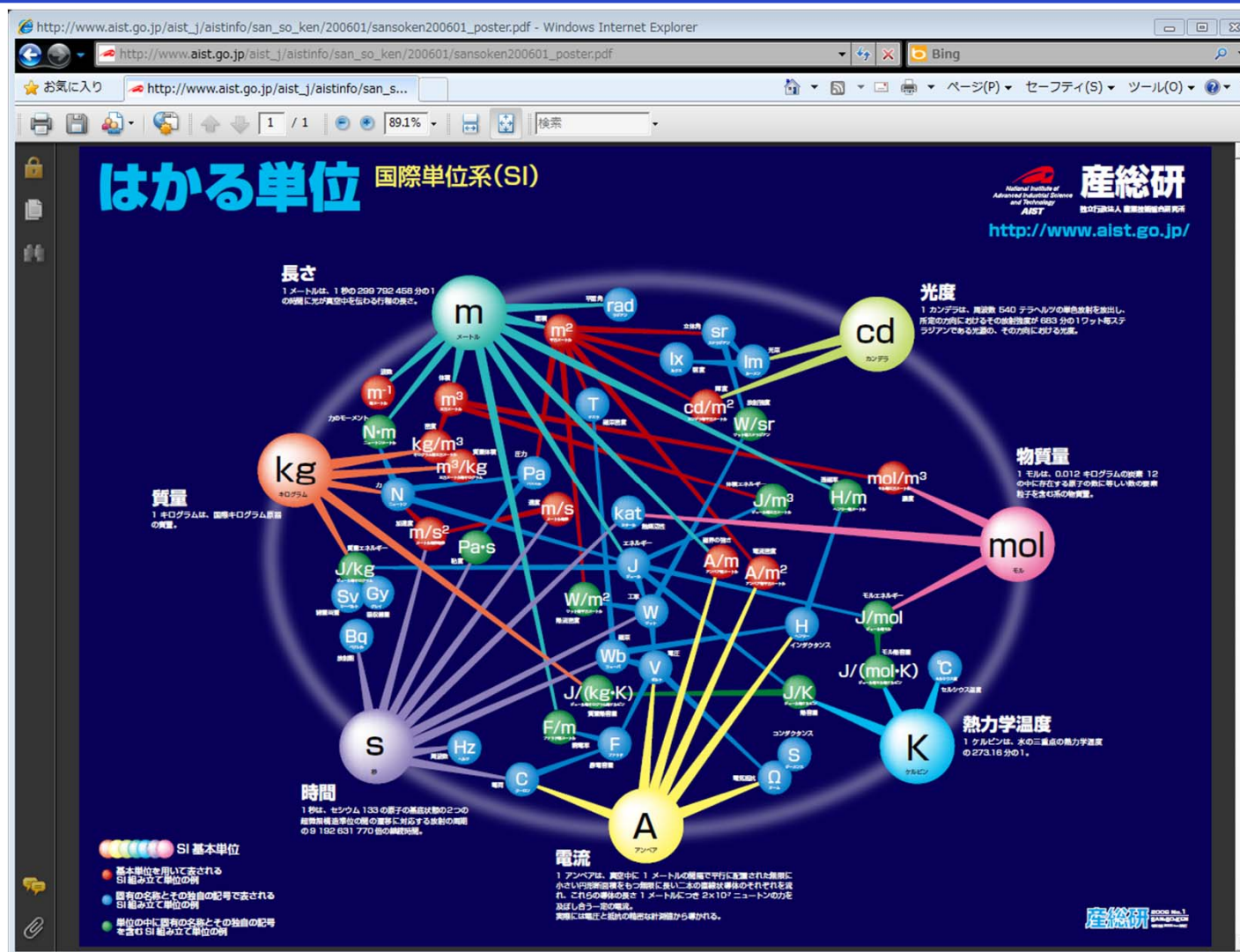


測定結果を同じにするには・・・



はかる単位

YOKOGAWA ◆



◆基本単位の標準

国際単位系(SI)は、次元的に独立であるとみなされる七つの量、**長さ**、**質量**、**時間**、**電流**、**熱力学温度**、**物質の量**及び**光度**について明確に定義された単位、**メートル(m)**、**キログラム(kg)**、**秒(s)**、**アンペア(A)**、**ケルビン(K)**、**モル(mol)**、**カンデラ(cd)**を基礎として構築されています。これらの単位を基本単位(base units)といい、右の図に示したように、基本単位以外の単位は複数の基本単位の結合によって定義され、これを組立単位(derived units)といいます。

産総研,「産総研 SAN.SO.KEN」, 2006 No.1 別冊付録:はかる単位ポスター

<http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/san_so_ken/200601/sansoken200601_poster.pdf>

7つの基本単位

長さ(m)

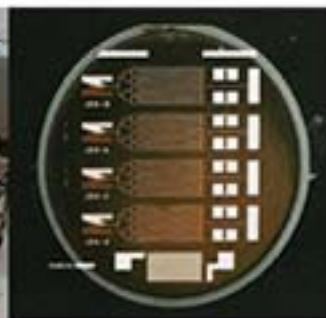


光周波数コム

電流(A)



量子化ホール
抵抗標準(R)



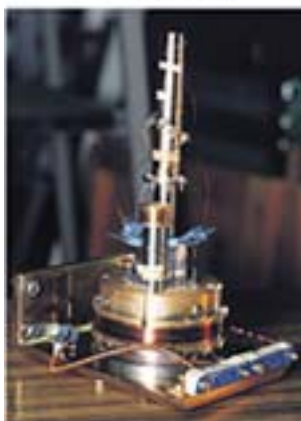
ジョセフソン効果
電圧標準(V)

物質量(mol)



認証標準物質

光度(cd)



極低温電力置換放射計
受光部分

質量(kg)



キログラム原器

時間(s)



原子泉方式セシウム
周波数標準器

熱学的温度(K)



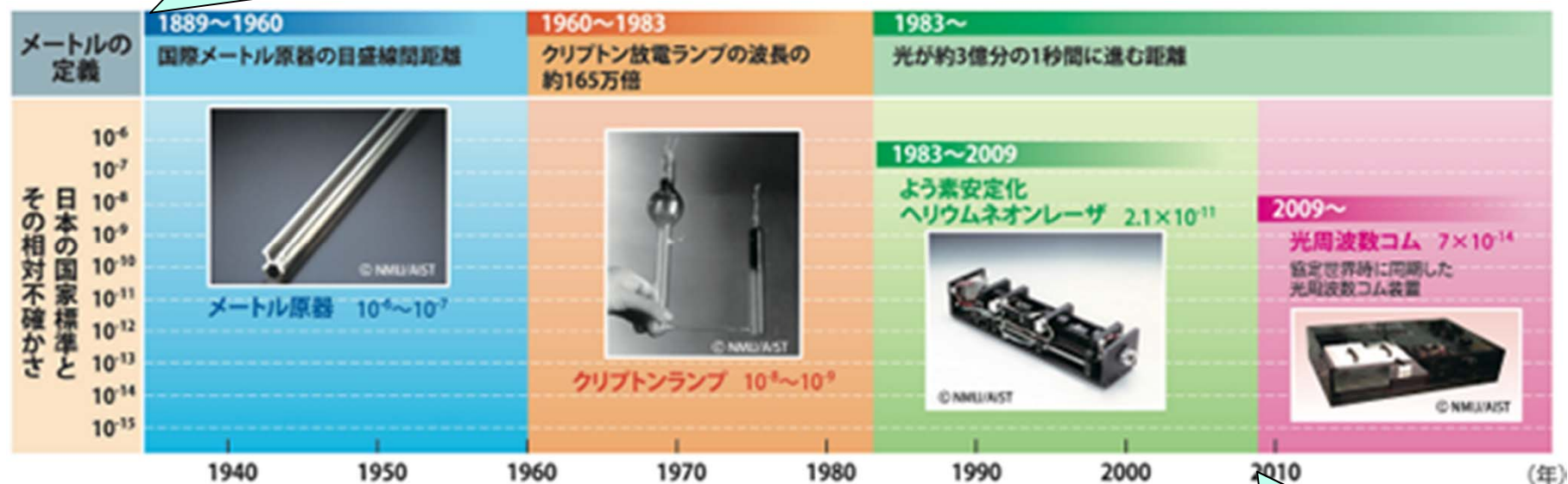
水の三重点セル

産総研計量標準総合センター<<https://www.nmij.jp/>>

長さ(1m)の基準

定義:「1秒の 299 792 458分の1の時間に光が真空中を伝わる行程の長さ」

1795 パリを通過する北極点と赤道をつなぐ子午線長の 10^7 分の1を定める
1792~1798 実測
1889 メートル原器が国際的に採用



定義は変わらず、標準器が変わる。
精度向上 $2.1 \times 10^{-11} \rightarrow 7 \times 10^{-14}$

質量(1kg)の基準

定義:「国際キログラム原器の質量」(1989年)



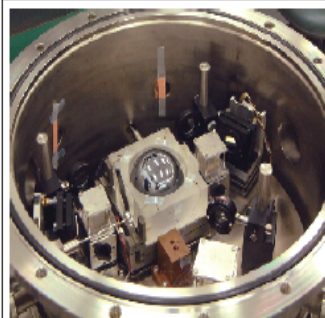
「一辺が10 cmの立方体の体積の、最大密度における蒸留水の質量」



キログラム原器

直径、高さとも約39 mmの円柱形状で、白金90%、イリジウム10%の合金でできている

我が国の質量標準は、当所で保管する「日本国キログラム原器」によって実現しています。これは、国際キログラム原器と同じ形状材質のもので、1890年に国際度量衡局(パリ近郊)から日本に配布されたものです。



レーザー干渉計による
シリコン球直径測定

第24回国際度量衡総会(2011年)

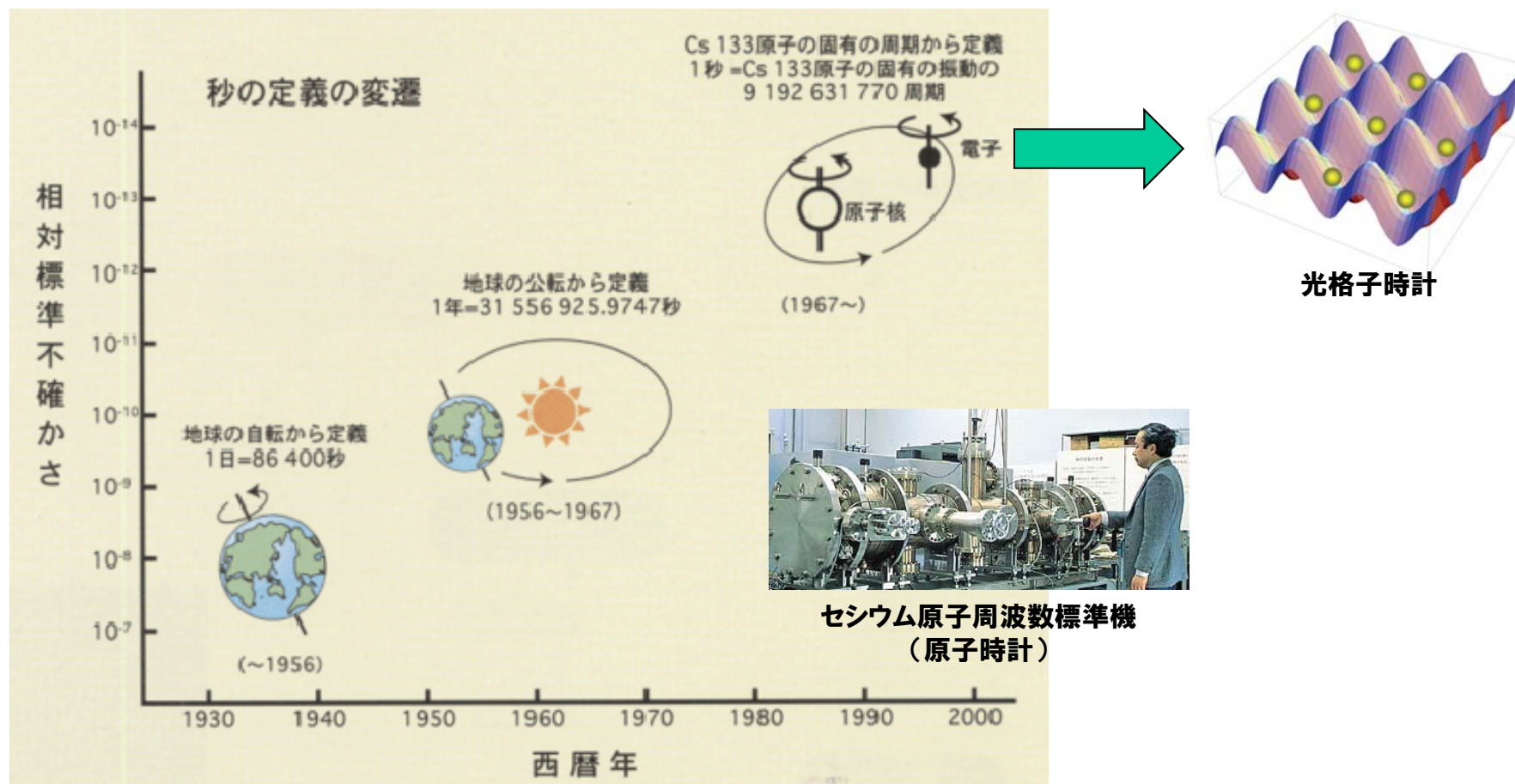
普遍的で普遍的な基礎物理定数に基づき定義を改定すべき



将来的にキログラム原器からの置き換え

時間(1s)の基準

定義:「秒は、セシウム 133 の原子の基底状態の二つの超微細構造準位の間の遷移に対応する放射の周期の9 192 631 770 倍の継続時間である。」

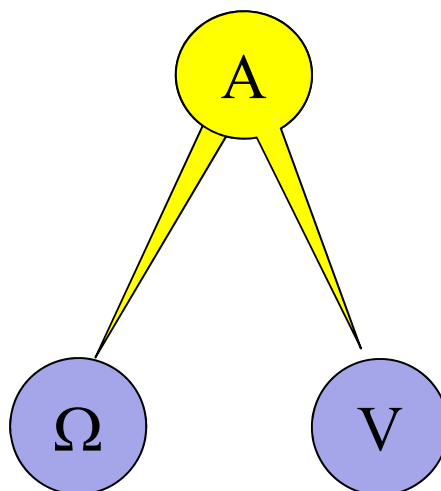


電気の基準

定義:「アンペアは、真空中に 1 メートルの間隔で平行に配置された無限に小さい円形断面積を有する無限に長い二本の直線状導体のそれぞれを流れ、これらの導体の長さ 1 メートルにつき 2×10^{-7} ニュートンの力を及ぼし合う一定の電流である。」



量子ホール効果抵抗標準装置



直流ジョセフソン電圧標準システム



標準抵抗器例
(横河電機製)

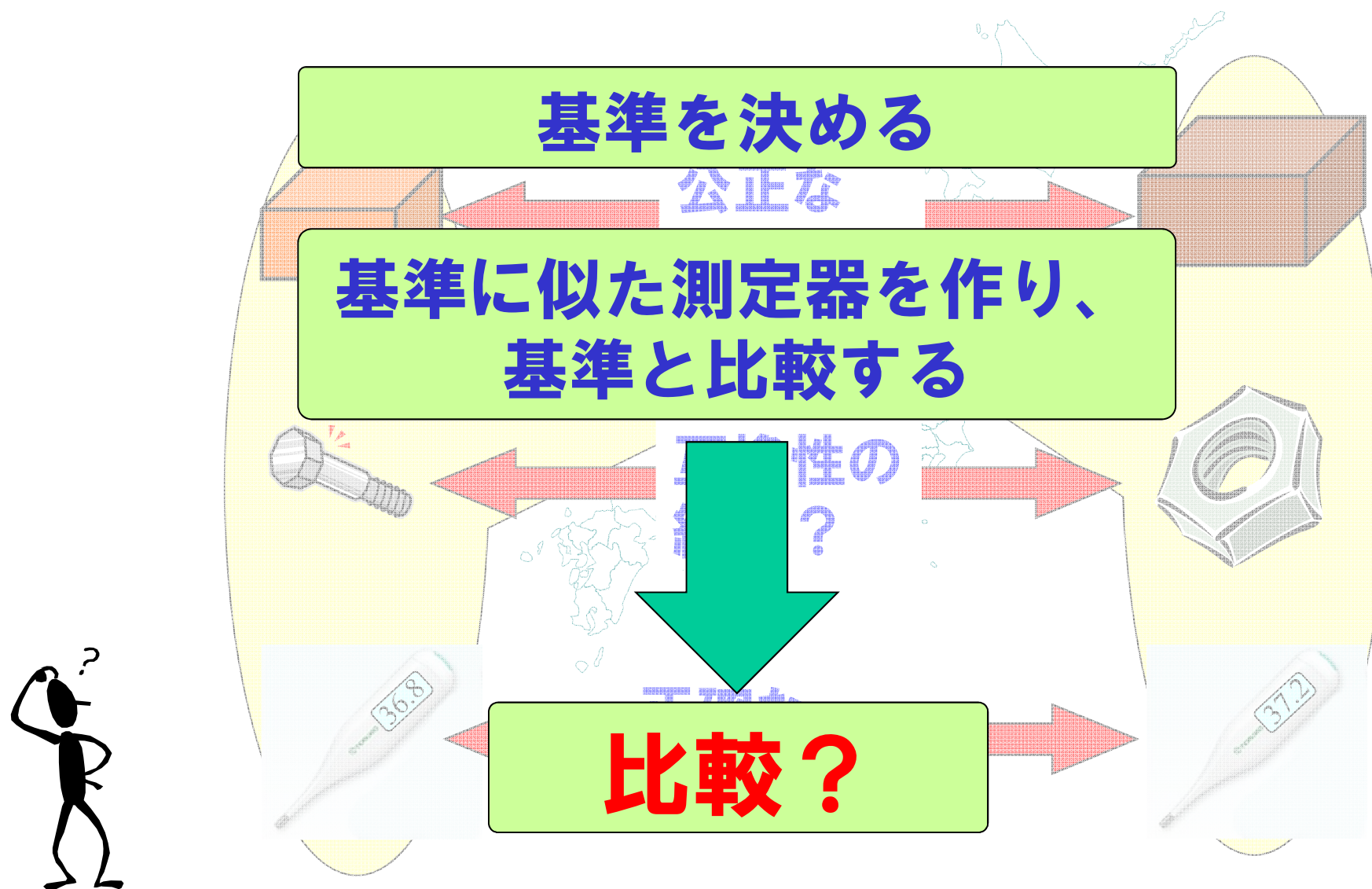
抵抗標準変遷

- 1914年～ 水銀抵抗原器
- 1948年～ マンガン抵抗器
- 1970年代 クロスキャパシタ
- 1990年～ 量子ホール効果抵抗標準

電圧標準変遷

- 1948年～ カドミウムを用いたウェストン電池
- 1977年～ ジョセフソン効果を用いた量子電圧標準

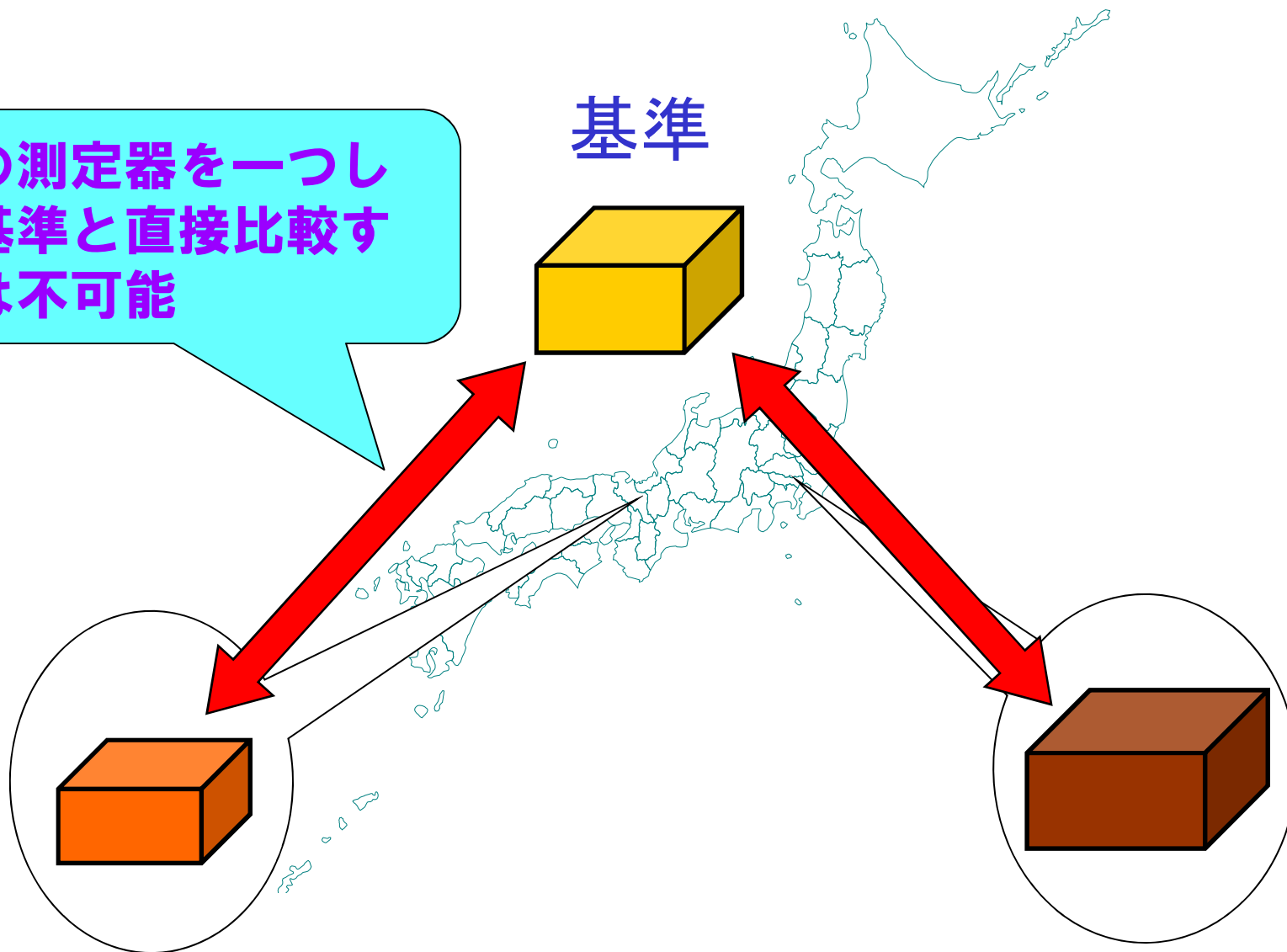
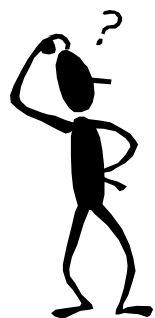
測定結果を同じにするには・・・



基準との比較

すべての測定器を一つし
かない基準と直接比較す
ることは不可能

基準



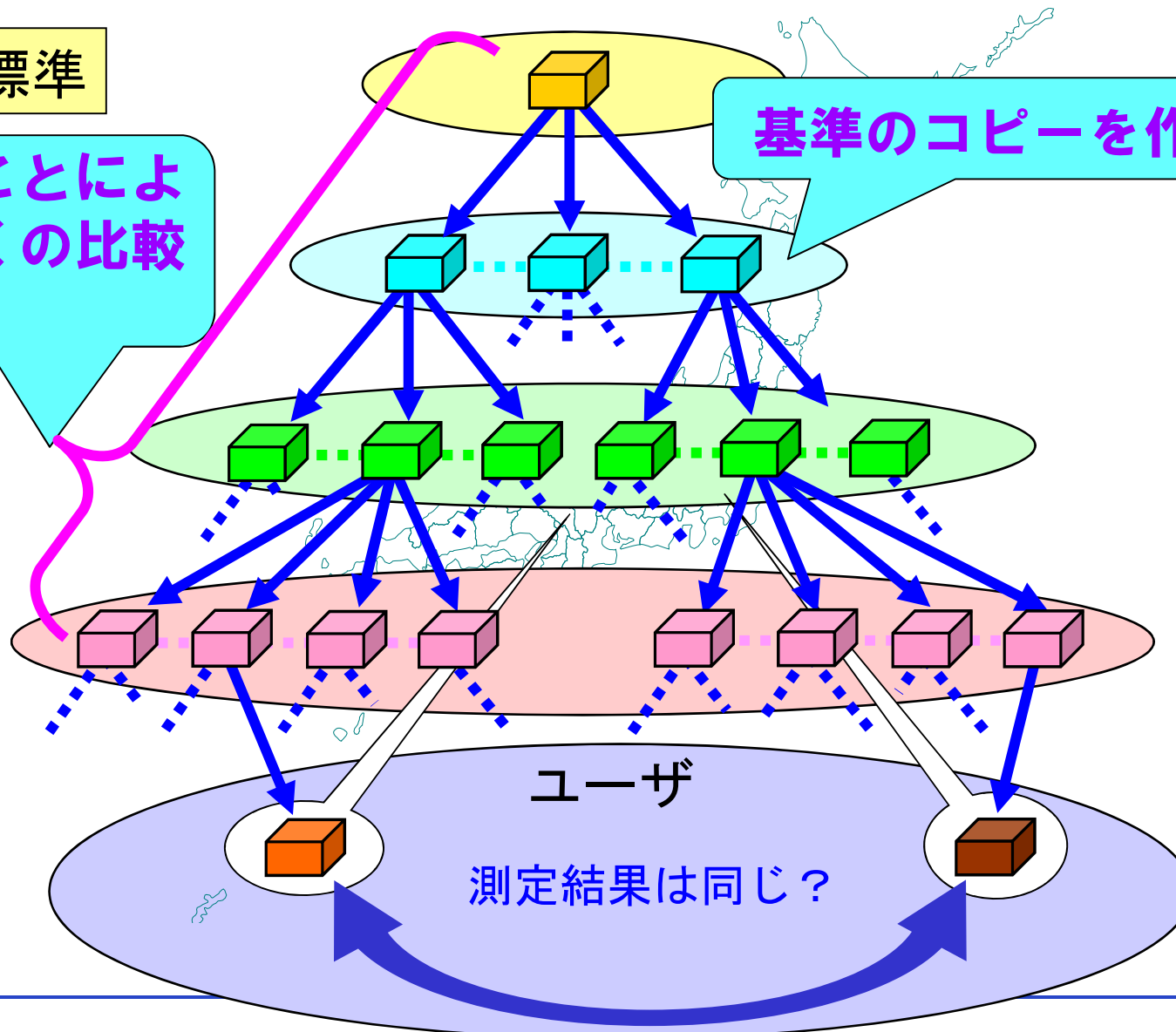
基準の効率的な利用

YOKOGAWA ◆

国家計量標準

階層化することにより、より多くの比較が可能

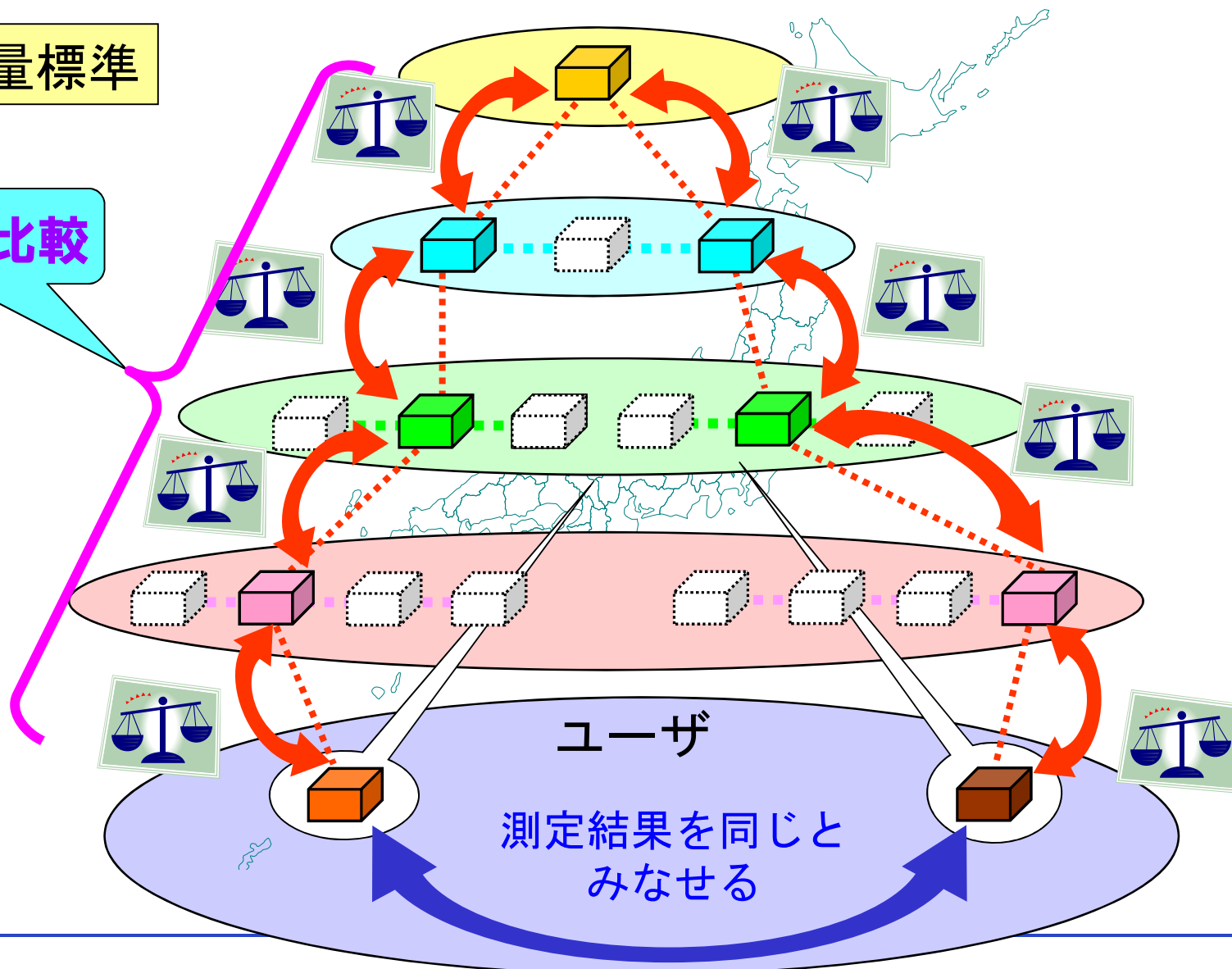
基準のコピーを作る



階層間の比較

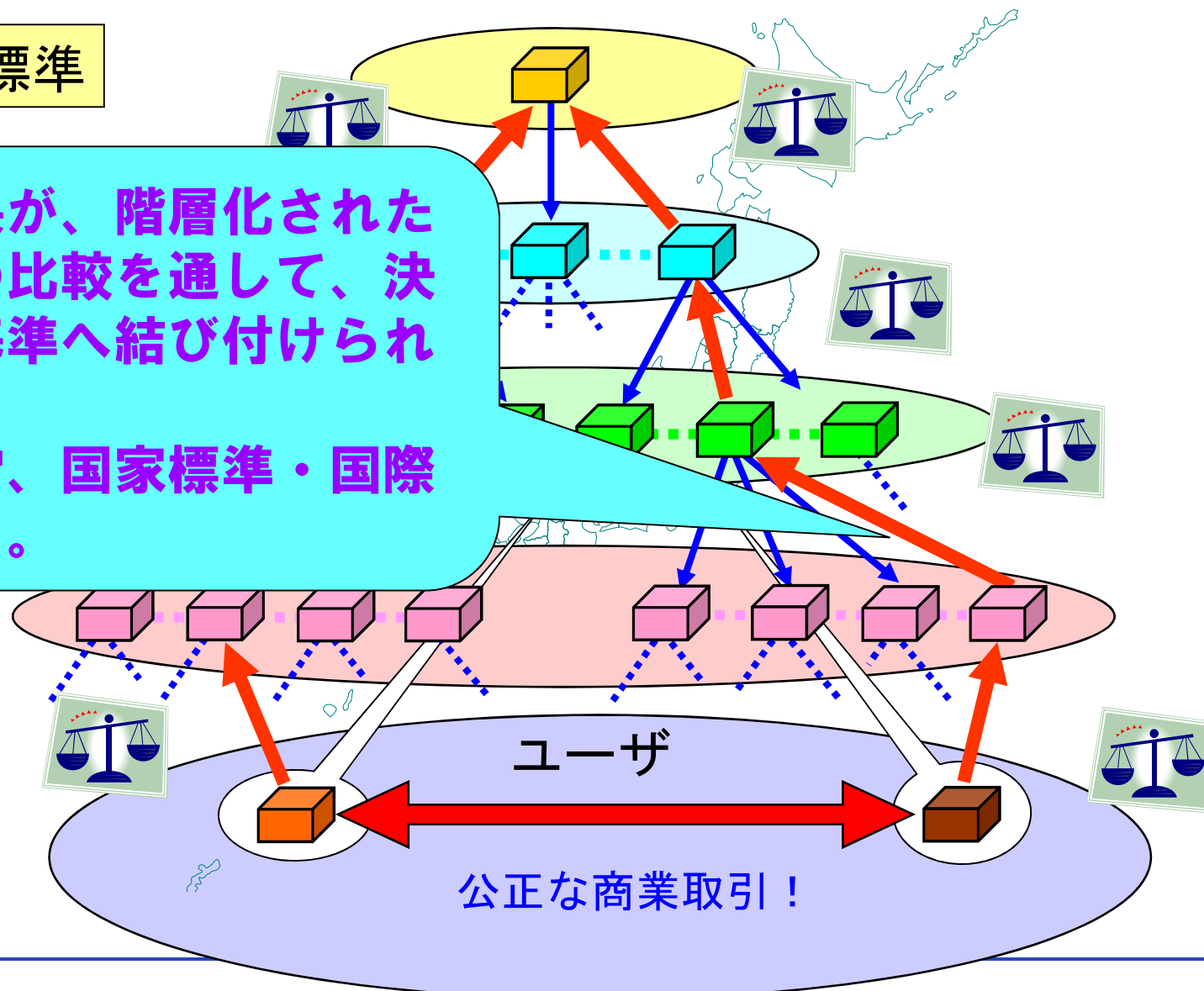
国家計量標準

階層間の比較



国家計量標準

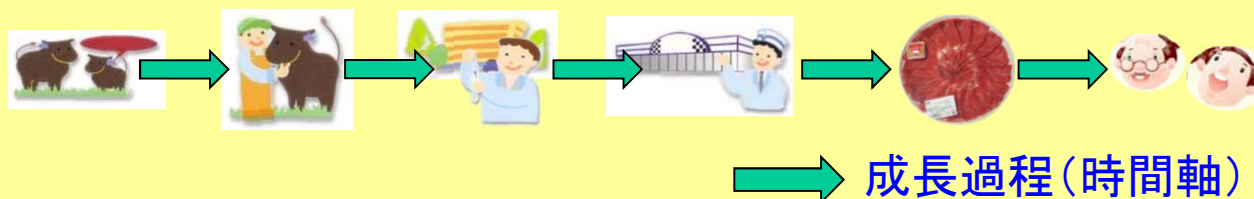
測定の結果が、階層化された測定器間の比較を通して、決められた基準へ結び付けられること。
基準は通常、国家標準・国際標準である。



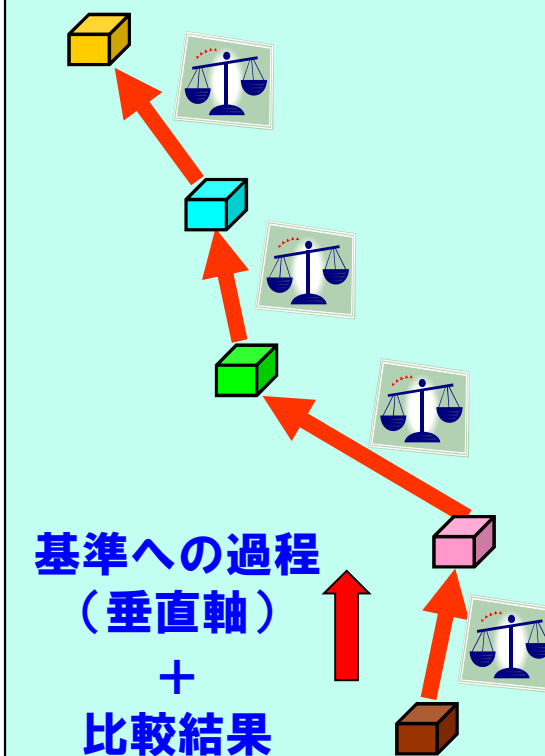
食品と計量計測におけるトレーサビリティの違い

	食品	計量計測
目的	食品の「安心」確保	測定結果の同一性を 確実にする
トレーサビリティ	食品の成長過程	- 計量計測の基準への過程 - 比較結果必須

食品のトレーサビリティ



計量計測 トレーサビリティ



比較＝校正：計量計測トレーサビリティの上層の測定器の示す値との差を確定することにより計測器のずれ(量)を把握すること

測定結果を同じにするには・・・

基準を決める

公正な

基準に似た測定器を作り、
基準と比較する

互換性の

比較（校正）の問題点

誤差

経時変化



❖「誤差」定義

- 測定値から真の値を引いた値（JIS Z8103 計測用語）

問い

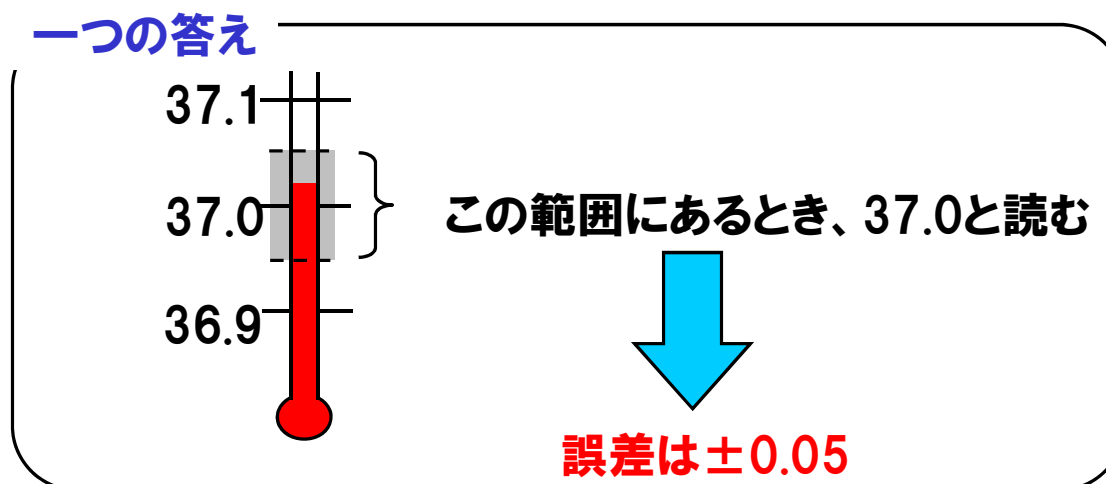


真の値は？

上の結果から真の値は36.95～37.05℃の間らしいことは分かるが、真の値は分からない…分かるのは、

測定値 と 誤差の範囲

一つの答え



測定値→最良推定値

誤差の範囲→不確かさ

測定(校正)結果の表し方

例えば、長さ10cmを測定した時の結果の報告

10.013cm $\pm$ 0.003cm

$k=2$ または、信頼の水準95%

測定結果はその信頼性を示すために次の3項目を報告することが必要

最良推定値

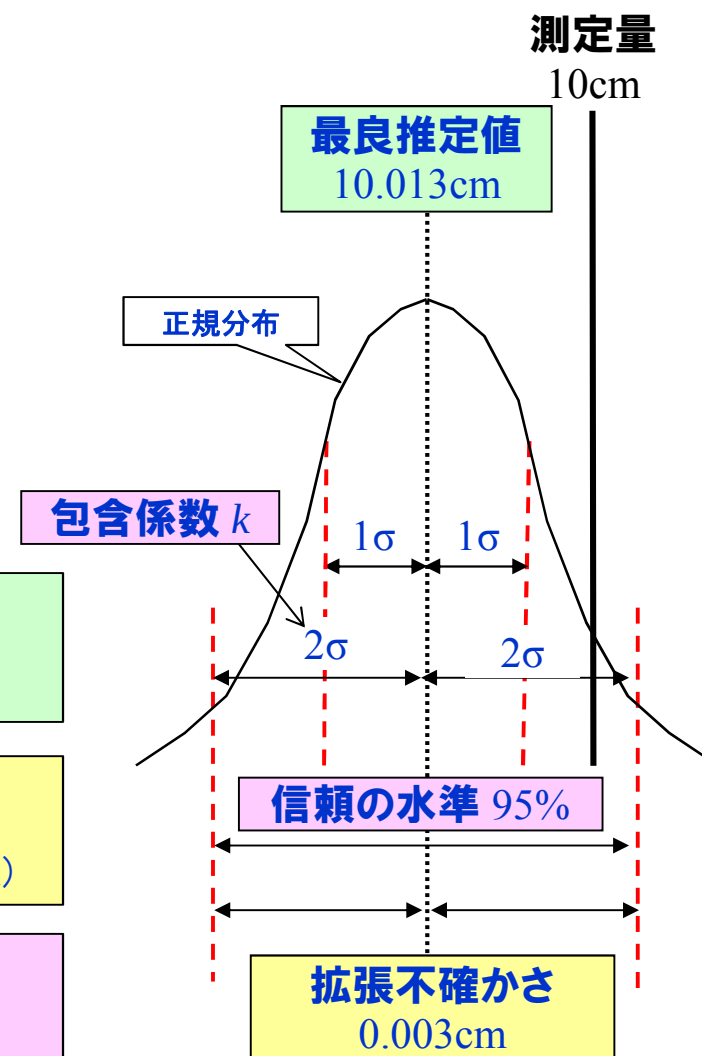
測定値に補正を行った値(10.013cm)

拡張不確かさ

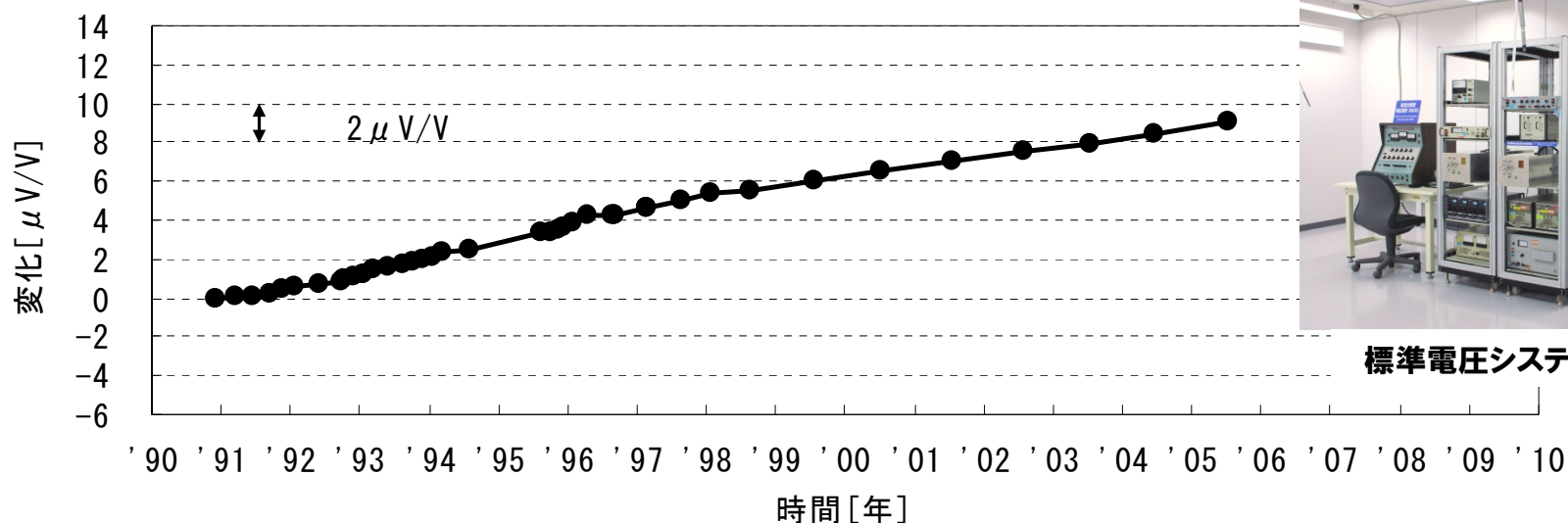
各不確かさを評価した結果に包含係数 k を乗じた値(0.003cm)

包含係数 k または信頼の水準

拡張不確かさの範囲を示す値(2または95%)



全てのものは壊れたり故障したりするが、とくに測定器の場合には、時とともにその測定結果がずれることがある。壊れたり故障した機器を排除したり、ずれた値を補正するためには定期的な検査や標準との比較が必要となる。



標準電圧システム(横河電機)

標準電圧発生器(10V)の経年変化の例



キログラム原器

直径、高さとも約39 mmの円柱形状で、白金90%、イリジウム10%の合金でできている

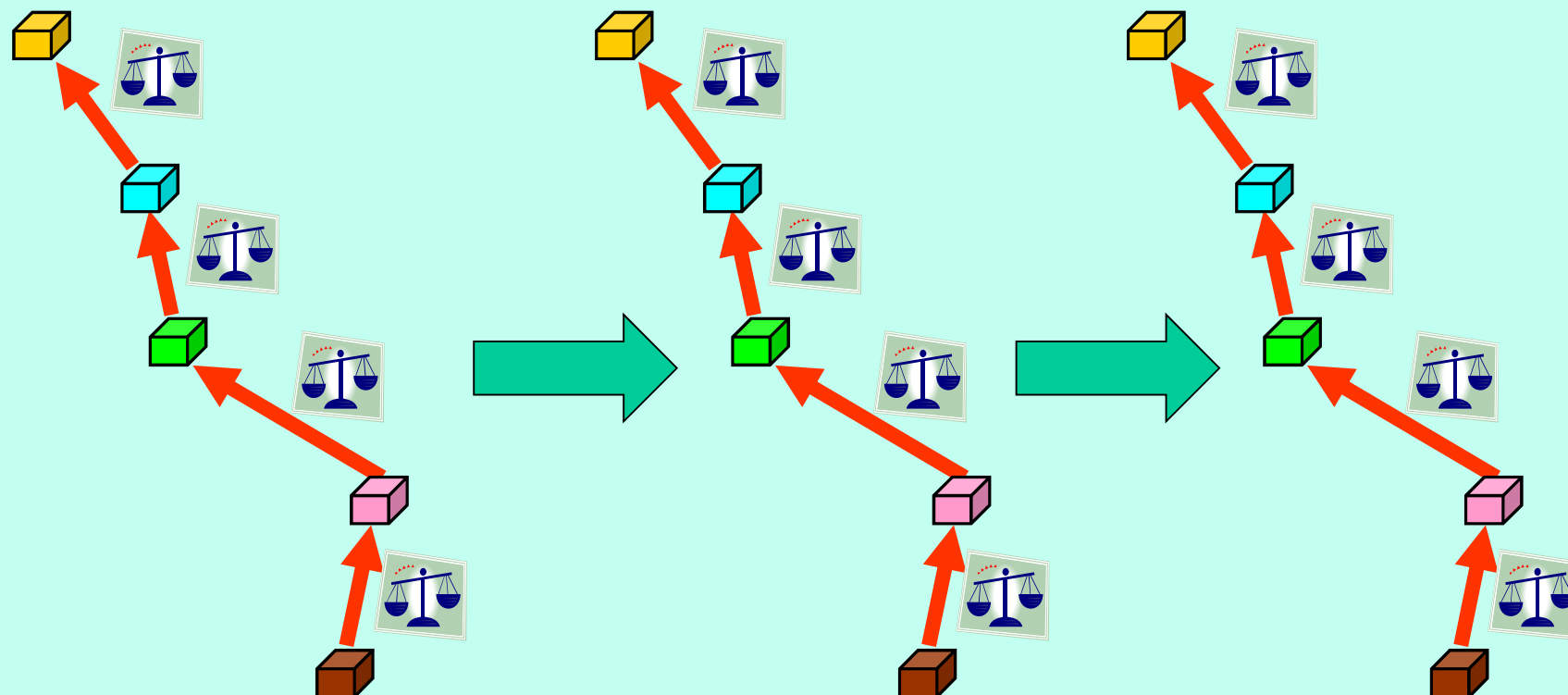
我が国の質量標準は、当所で保管する「日本国キログラム原器」によって実現しています。これは、国際キログラム原器と同じ形状材質のもので、1890年に国際度量衡局(パリ近郊)から日本に配布されたものです。

日本国キログラム原器の質量は、約30年ごとに国際度量衡局が保管する国際キログラム原器と比較校正され、その質量値の同等性が確認されています。日本国キログラム原器の最新の測定値(1993年)は、この100年間で7 μ gしか変化していませんでした。

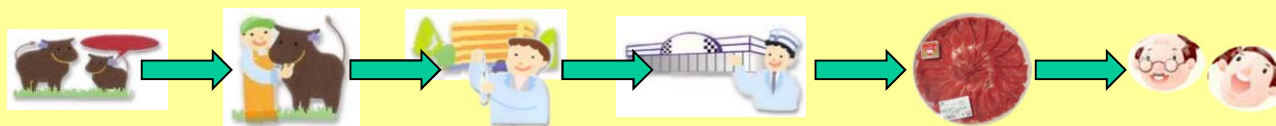
信頼のある測定のためには周期的な校正が不可欠

周期的な校正が不可欠

計量計測トレーサビリティ



食品のトレーサビリティ



→
(時間軸)

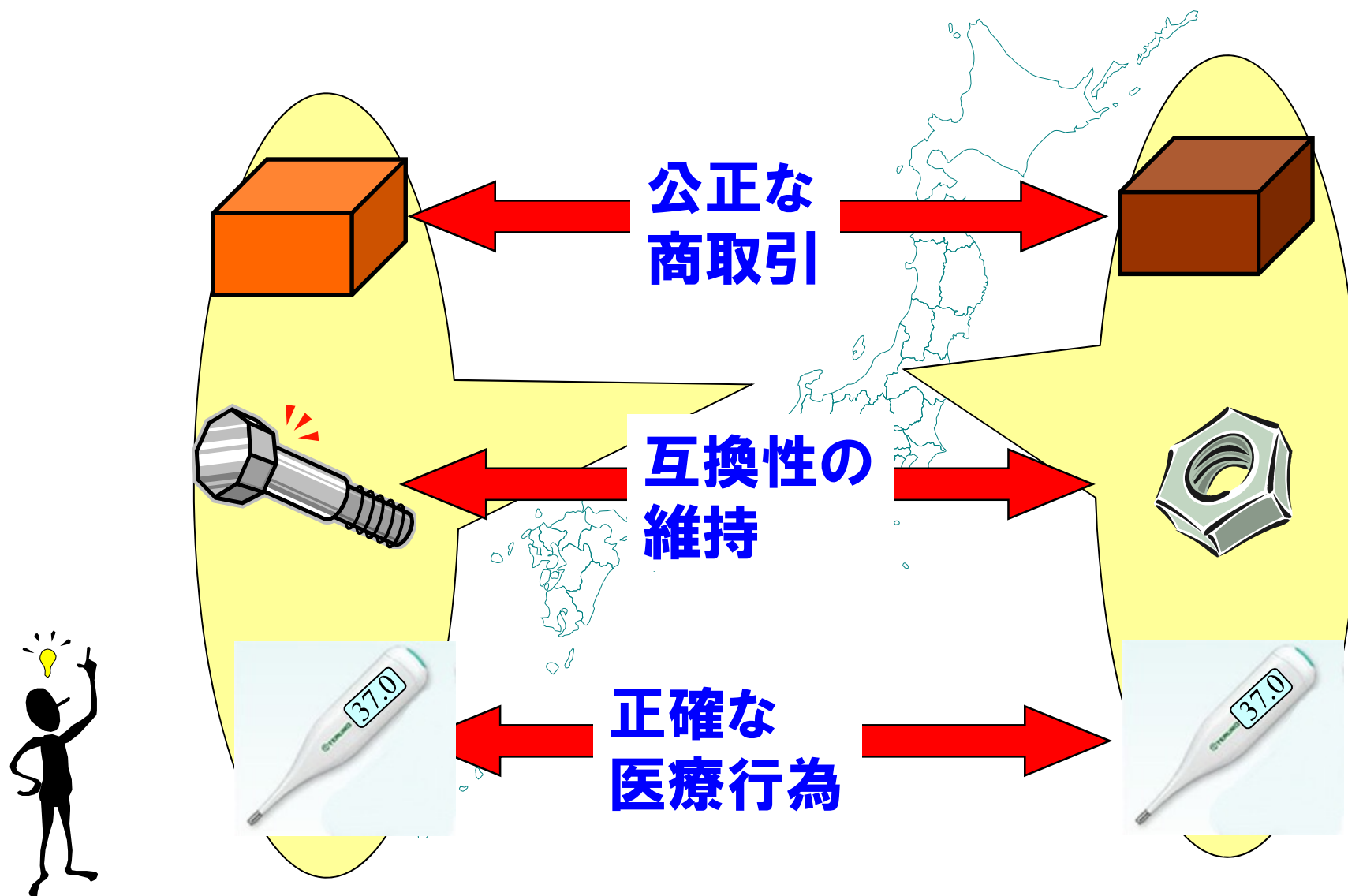
…❖ 基準

…❖ 校正

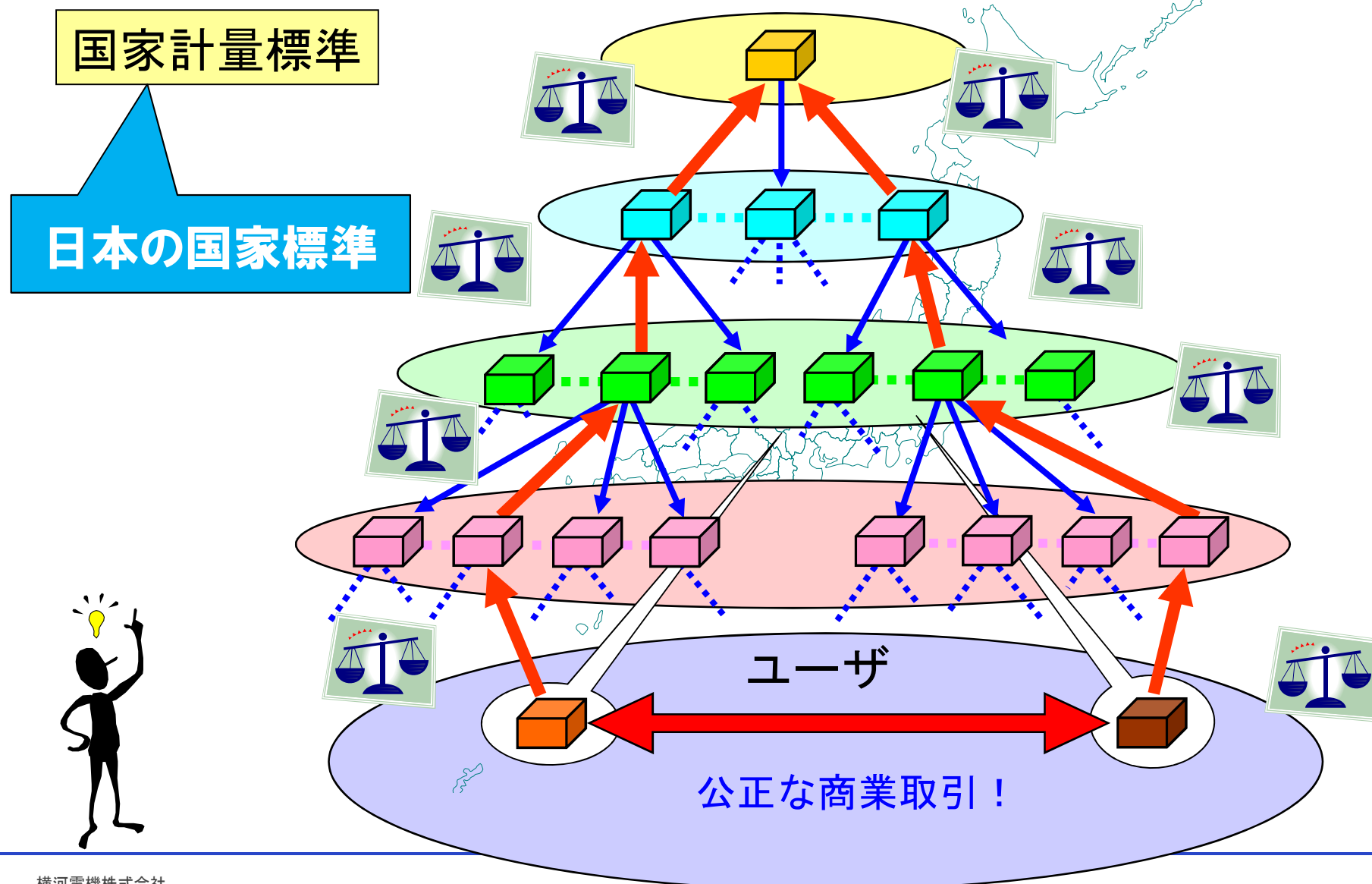
…❖ 周期的な校正

上記を満たすことにより、測定結果の同一性が保たれる

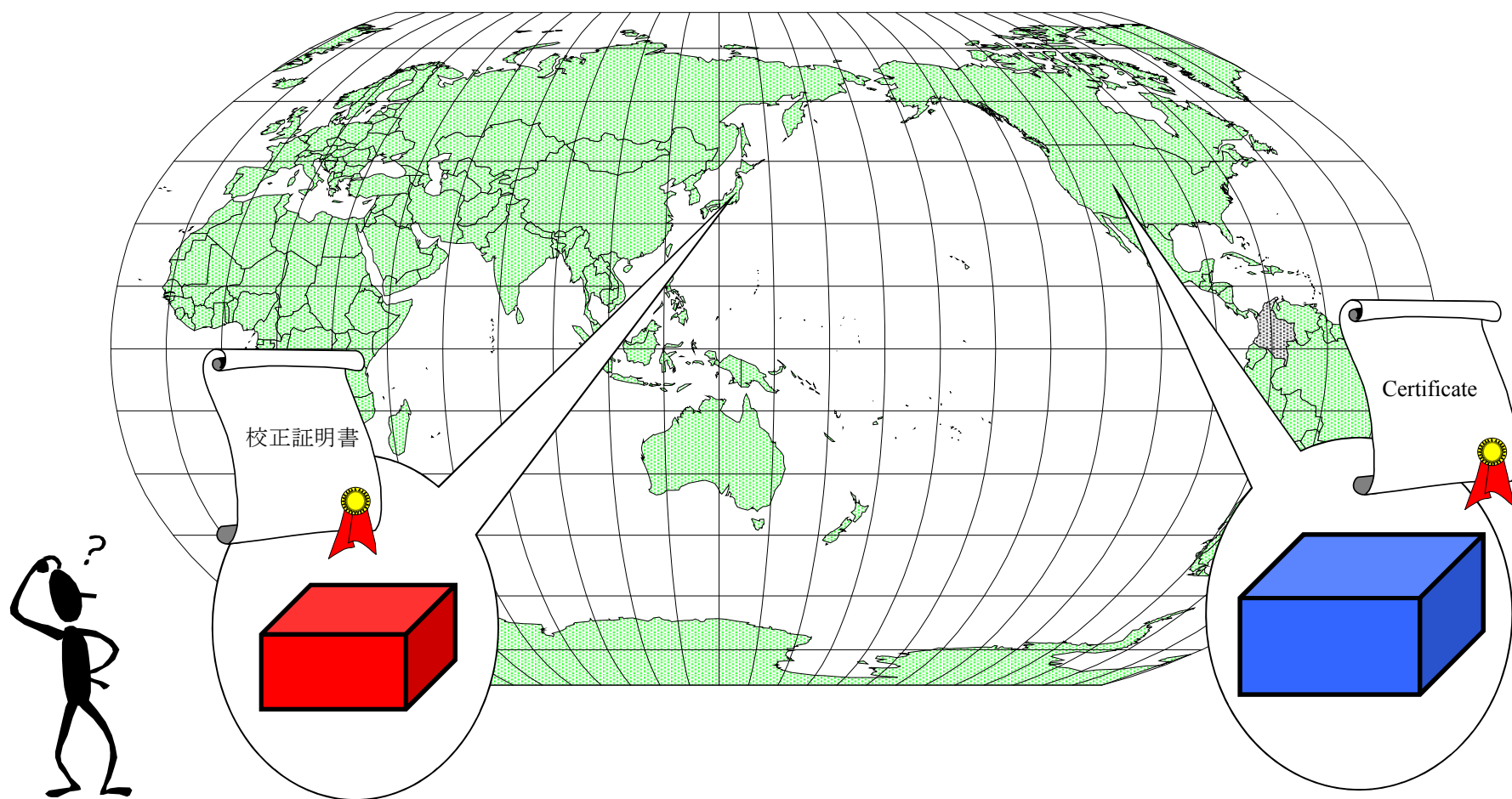
測定結果が同じになれば・・・



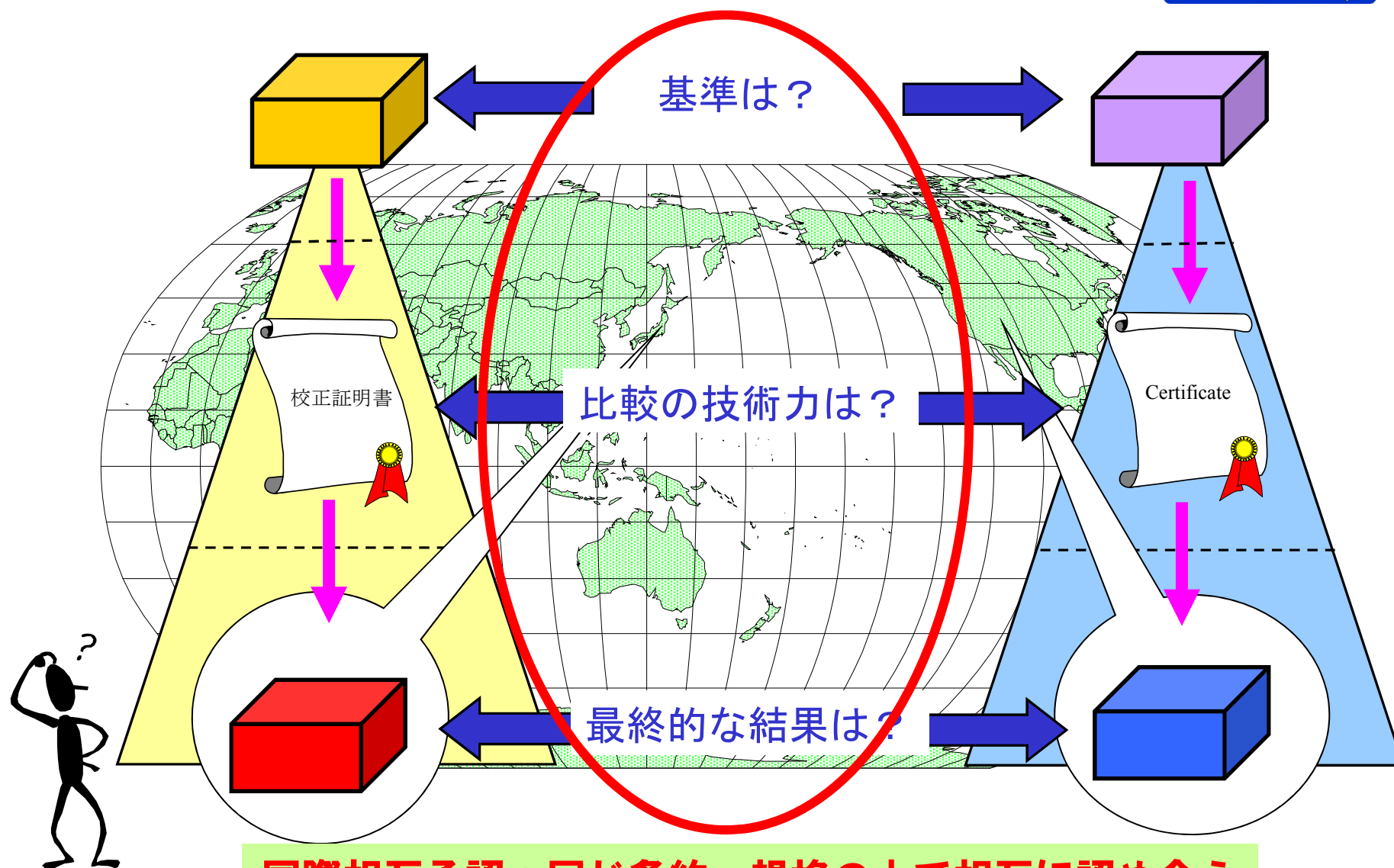
国家計量標準へのトレース



国際的に通用するか？

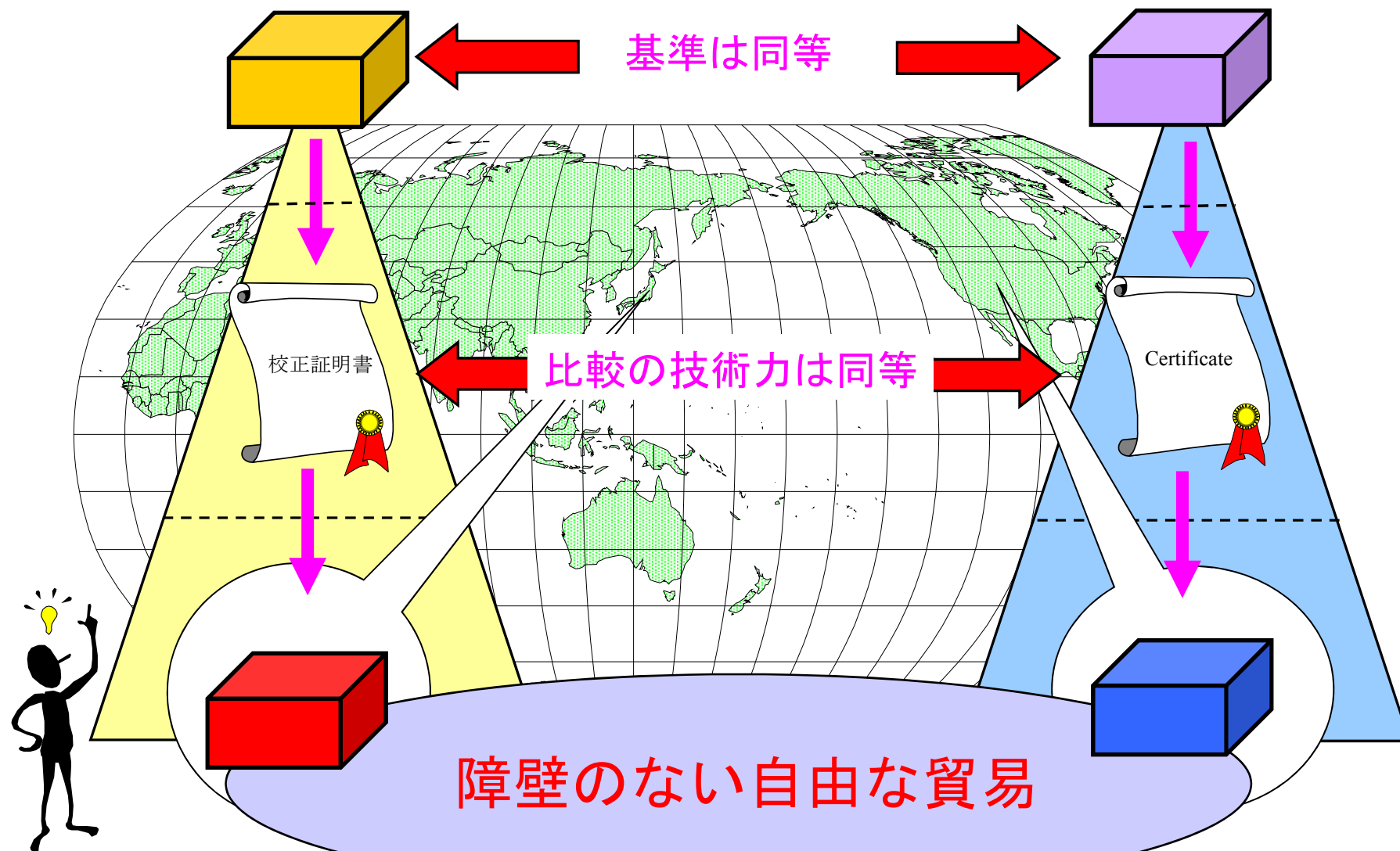


国際的に通じるためには？

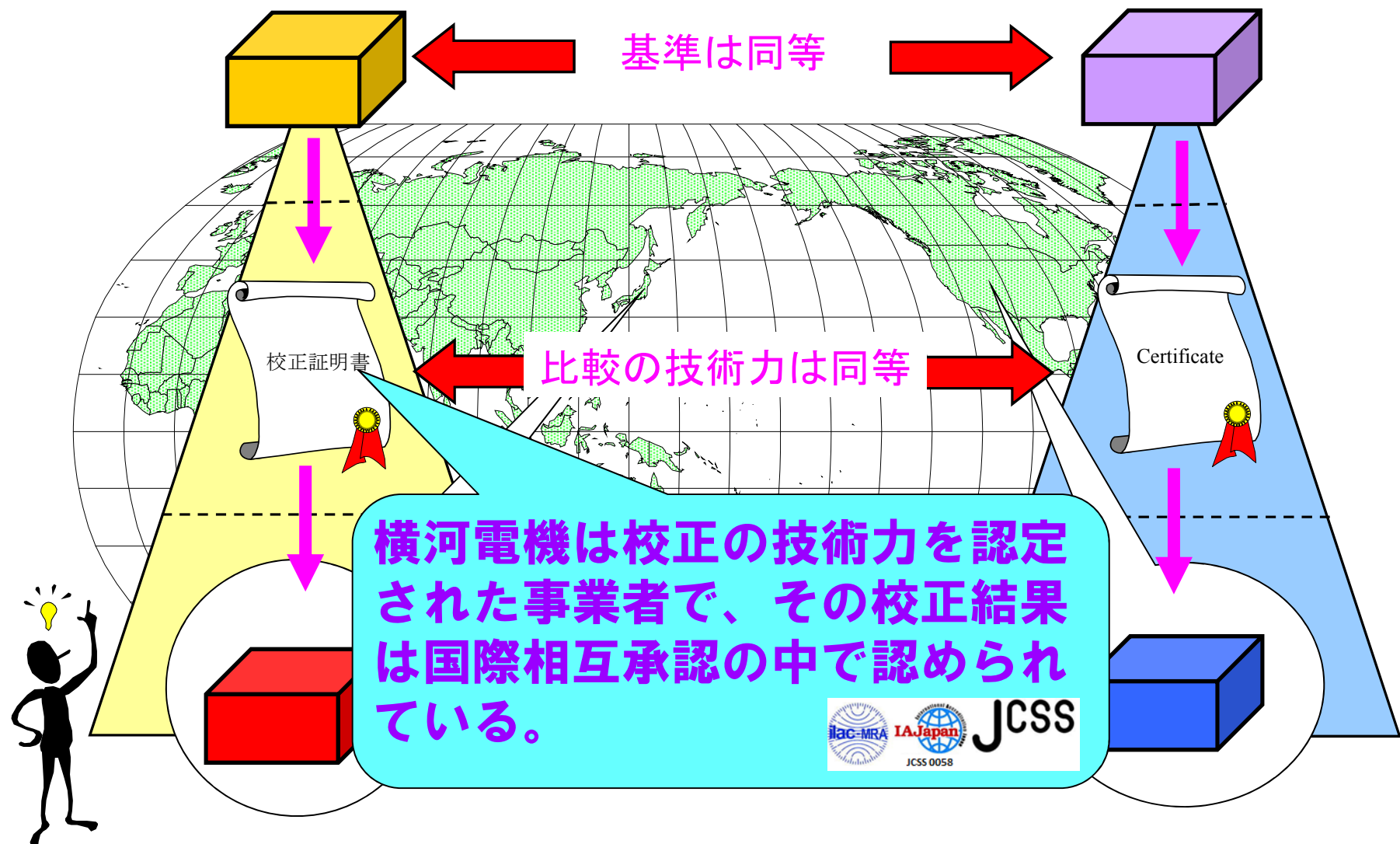


国際相互承認：同じ条約・規格の上で相互に認め合う

国際相互承認の確立



国際相互承認



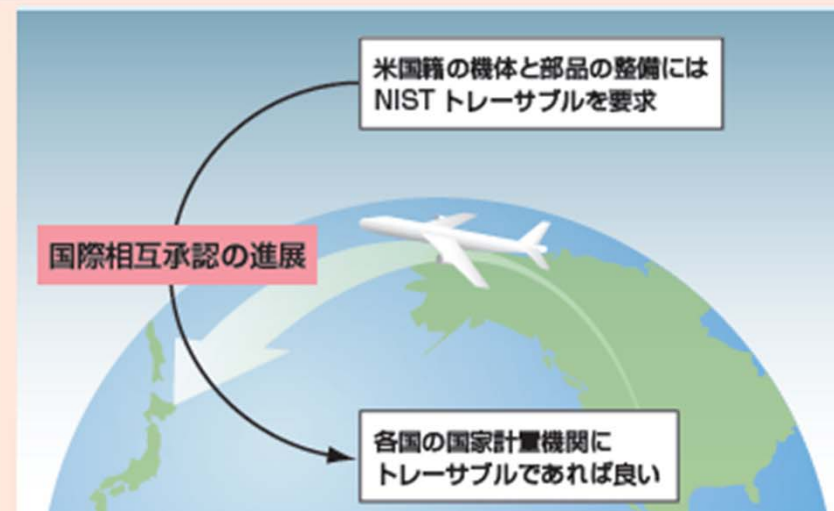
国際相互承認がないと・・・

航空機整備における計量標準

日本航空株式会社
整備本部 品質保証部 計量管理グループ長
伊藤 敏郎

航空会社にとって、航空機の整備は乗客の安全を確保する上で決定的に重要です。米国連邦航空局 (FAA) は、1996年の航空機墜落事故を契機に、1998年以降、米国籍機の整備作業を行う場合、日本の整備会社であっても整備に使う計測器はすべてNIST (米国国立標準技術研究所)トレーサブルを求めるようになりました。

航空機の整備には、マイクロメータ、ノギス、トルクレンチ、温度計、熱電対、電圧・電流計など多数の計測器を使用しているため、全てをNISTトレーサブルにすることは大変な手間と経費の増大を強いられました。この問題は、業界では対応できないため、当時の通産省工業技術院に相談を持ちこむことになりました。その結果、1999年に工業技術院とNISTとの間で計量標準分野での協力について取り決め (arrangement) を締結し、さらに個別の計量標準に関してNISTとの国際比較の結果から、FAAに対して計量標準の同等性を提示することになりました。



これにより、FAAより免責措置を受けることが可能となり、わが国の国家標準にトレーサブルな計測器を、米国の航空機や部品の整備に使用することができるようになりました。ほぼ同時期の1999年に、計量標準の分野においてグローバルMRAが締結され、この協定 (枠組み)により、世界的規模で網羅的な国際比較、相互承認が進められています。

このような背景のもとで、FAAの検査運用通達に相当するAdvisory Circularの基準が2003年7月に変更され、NISTあるいは各国の国家計量機関にトレーサブルであれば良いことが明確にされました。

AIST Today 2004.10

まとめー計量計測トレーサビリティー

- ❖ 計量計測トレーサビリティは、測定結果の同一性を確実にするためのものであり、経済・製造・医療等の社会活動を維持するための基盤のひとつである。
- ❖ 計量計測トレーサビリティとは、測定の結果が不確かさが評価された校正の切れ目のない連鎖により、決められた基準へ関連づけることができることである。
 - ー 基準は通常、国家標準・国際標準である。
 - ー 校正とは階層間の比較のことであり、上層の測定器の示す測定値との差を確定することにより測定値のずれ(量)を把握することである。
 - 校正結果は測定値(最良測定値)と不確かさによりあらわされる。
 - 信頼のある測定のためには周期的な校正が不可欠
- ❖ 国際的な計量計測トレーサビリティ確立のためには国際相互承認が必要
 - ー 国際相互承認の枠組みの中で、測定結果の同一性が認められ円滑な社会活動を実現できる。

計量計測トレーサビリティに興味を持ったら・・・

❖ いろいろな計量計測標

- － 知的基盤の活用事例集

http://www.meti.go.jp/committee/summary/0003843/004_haifu.html

❖ (独)産業技術総合研究所

- － 日本の国家標準の研究機関

❖ 日本電気計器検定所、(一財)日本品質保証機構

- － 標準供給・研究を行っている機関

❖ 一般企業(例:JCSS事業を行っている企業)

- － 「独立行政法人 製品評価技術基盤機構」のホームページで検査可能

<http://www.iajapan.nite.go.jp/jcss/lab/index.html>