

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-235094

(P2013-235094A)

(43) 公開日 平成25年11月21日(2013.11.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G09B 23/28 (2006.01)</b>	G09B 23/28	2C032
<b>A61B 8/00 (2006.01)</b>	A61B 8/00	4C601

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2012-106673 (P2012-106673)	(71) 出願人	000108719 タキロン株式会社 大阪府大阪市北区梅田3丁目1番3号
(22) 出願日	平成24年5月8日(2012.5.8)	(74) 代理人	100090608 弁理士 河▲崎▼ 真樹
特許法第30条第2項適用申請有り (1) 第32回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム、平成23年11月8日~10日開催 (2) 超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム論文集、第32巻、第259頁、超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム論文委員会、平成23年11月8日発行		(72) 発明者	田仲 浩平 香川県さぬき市支度1314-1 徳島文理大学内
		(72) 発明者	吉田 知司 香川県さぬき市支度1314-1 徳島文理大学内
		(72) 発明者	佐藤 一石 香川県さぬき市支度1314-1 徳島文理大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置のフローファントム用疑似血液

## (57) 【要約】

【課題】生体に安全で自然環境に悪影響を及ぼすことなく、密度および音速の経時変化や、樹脂粉粒の沈殿あるいは浮遊が生じないため、長時間に亘って超音波診断装置のフローファントムに用いることができる疑似血液を提供する。

【解決手段】密度が  $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>) の樹脂粉粒を水溶液に分散させた懸濁液からなる超音波診断装置のフローファントム用疑似血液であって、上記水溶液を、水と水溶性多価アルコールと水溶性シリコーンを含んだ密度が  $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>) の水溶液とする。濃度の上昇に伴って音速が減少する水溶性シリコーンを含む三成分系の水溶液を用いることで、IEC国際規格に適合する密度と音速を備えた疑似血液となし、樹脂粉粒と三成分系の水溶液の密度を同じにすることで、樹脂粉粒の沈殿あるいは浮遊を防止する。

【選択図】なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

密度が  $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>) の樹脂粉粒を水溶液に分散させた懸濁液からなる疑似血液であって、上記水溶液が、水と水溶性多価アルコールと水溶性シリコンを含んだ密度が  $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>) の水溶液であることを特徴とする、超音波診断装置のフローファントム用疑似血液。

## 【請求項 2】

上記水溶性シリコンが、側鎖に親水性の有機基を有する水溶性シリコンであることを特徴とする、請求項 1 に記載の疑似血液。

## 【請求項 3】

上記有機基がポリエーテル基であることを特徴とする、請求項 2 に記載の疑似血液。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ドップラー効果による生体内の血流を観察し、計測する機能を備えた超音波診断装置の性能を評価するフローファントムに用いられる疑似血液に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

超音波診断装置は、X線の被爆による危険性がなく安全性が高いこと、リアルタイムで診断できること、装置が小型軽量であること等の特長から、臨床現場で実用化されており、現在では、超音波ドップラー法により生体内の血流分布像を表示する機能および特定点の血流速度を計測する機能を備えた超音波診断装置が実用に供されている。

## 【0003】

この超音波診断装置の性能を評価するためには、生体内の血流分布像の描写能力および血流速度の計測値の精度を知る必要があり、そのために人体を被検体にして装置の性能を評価することも行われている。しかしながら、この評価方法では、生体の音波物性値に個体差があること、また、生体内の正確な血管径、血流速度も分からないことなどから、定量的な性能評価が困難である。

## 【0004】

そこで、人体に代わりファントムを用いて超音波ドップラー法による超音波診断装置の性能評価が提案されている。例えば、フローセンなどの粉粒が疑似血球として混入された疑似血液を、疑似生体材料内に設けられた疑似血管に一定流量で間欠的に流す、ドップラー計測可能な超音波診断装置の較正方法が、既に出願公開されている（特許文献 1）。

## 【0005】

ファントムにより超音波診断装置の性能を評価する場合は、性能評価の物差しになるファントムの特性について統一された規格が必要になる。そのため、IEC 国際規格（非特許文献 1）には、ファントムを構成する生体擬似組織と疑似血液の物性値等が定められている。この IEC 国際規格（IEC 61685「超音波流速測定システム-流速試験体-」）に記載されている疑似血液の物性値を下記表 1 に、疑似血液の組成を下記表 2 にそれぞれ示す。

## 【0006】

## 【表 1】

疑似血液の規格値 (IEC61685)	
密度(10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> )	音速(m/s)
1.050	1570

## 【0007】

10

20

30

40

【表 2】

		組成 (wt%)
溶液成分	水	83.86
	グリセリン	10.06
	デキストラン	3.36
紛体成分	コポリアミド6-12 粒径 : $5\mu\text{m}$	1.82
その他成分	界面活性剤 (synperonic N)	0.90

10

## 【0008】

疑似血液は、血漿成分に相当する水溶液に、超音波の反射体である血球に相当する粉粒を分散させた懸濁液である。疑似血液には、血液と同等の超音波反射特性が求められるため、疑似血液の密度と音速を、上記表 1 に示すように、血液と同等の密度  $1.05 \times 10^3$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) と同等の音速  $1570$  ( $\text{m}/\text{s}$ ) にすることが定められている。

## 【0009】

疑似血液に分散させる粉粒としては、IEC 国際規格で定められている疑似血液の密度  $1.05 \times 10^3$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) と同じ密度を有する粉粒が適しており、従来から、上記の密度を有するポリスチレンの粉粒が大抵の疑似血液に広く用いられている。

20

## 【0010】

一方、上記粒子を分散させる水溶液は、上記粒子が経時的に沈殿あるいは浮遊することを防止する観点から、上記粒子と同じ密度  $1.05 \times 10^3$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) を有する水溶液を用いる必要があり、且つ、上記粒子を分散させたときに音速  $1570$  ( $\text{m}/\text{s}$ ) の疑似血液を得ることができる音速を備えた水溶液を用いる必要がある。そのため、IEC 国際規格などに記載された疑似血液では、前記表 2 に示すように水とグリセリンとデキストランを特定の含有割合とすることによって、音速  $1570$  ( $\text{m}/\text{s}$ ) の疑似血液が得られるように音速を調節した、密度  $1.05 \times 10^3$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) の水溶液を用いている。

## 【先行技術文献】

30

## 【特許文献】

## 【0011】

【特許文献 1】特開平 09 - 262234 号公報

## 【非特許文献】

## 【0012】

【非特許文献 1】アイ イ シ (IEC)、「国際規格 アイ イ シ 61685 超音波 流速測定システム-流速試験体-」(International Standard IEC61685 ULTRASONICS Flow measurements system -Flow test object-)、2001 年 7 月

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

40

## 【0013】

しかしながら、グリセリンとデキストランを溶かした水溶液にポリスチレンの粉粒を分散させた疑似血液は、多糖類のデキストランに細菌が繁殖して腐敗するため、衛生面で問題があることに加えて、疑似血液の密度や音速などの物性が経時変化するという問題がある。そのため、長時間使用することができず、短時間で新しい疑似血液を調製しなければならないという煩わしさがあり、また、調製時の誤差によって一定した精度の較正が困難になる恐れもあった。

## 【0014】

このような問題を解決するためには、デキストランに代わる水溶性物質を溶かした水溶液を用いて疑似血液を調製することが考えられる。けれども、ポリスチレン粉粒を分散さ

50

せる水溶液は、以下に説明するように種々の制約があるため、デキストランに代わる水溶性物質を溶かした水溶液であってIEC国際規格に適合する疑似血液を調製できるものは、未だ実現されていない。

【0015】

即ち、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)のポリスチレン粉粒の音速の測定値は2117 (m/s)で、IEC国際規格に定められた疑似血液の音速1570 (m/s)より大きいため、IEC国際規格に定められた音速を有する疑似血液を得るためには、ポリスチレン粉粒を分散させる水溶液として、1570 (m/s)より小さい音速を有する水溶液を用いなければならない。

【0016】

更に詳しく説明すると、音速が1570 (m/s)の疑似血液を得るために必要な水溶液の音速は、ポリスチレン粉粒の分散量に応じて変化し、下記表3に示すように、ポリスチレン粉粒の分散量が5.0 (%)、7.5 (%)、10.0 (%)と増加するに従って、水溶液の音速は1551 (m/s)、1542 (m/s)、1532 (m/s)と減少しなければならない。このポリスチレン粉粒の分散量と水溶液の音速との関係を示す数値は、下記文献1に記載された計算方法、即ち、懸濁液の音速について分散している粉粒と溶液の物性値が既知である場合に、それらの物性値と粉粒の分散率とからその音速を理論的に計算する方法に基づいて算出したものである。下記表3に掲げたポリスチレン粉粒の分散量は、疑似血液において規格で定められた超音波の後方散乱係数を満たすために必要なものであり、これらの数値はIEC国際規格にも記載されている。

[文献1]ピオトロウスカ(A. Piotrowska)、「懸濁液および乳状液における超音波の伝播(Propagation of ultrasonic waves in suspensions and emulsions)」,超音波(ULTRASONICS)、1971年11月、p.235-239

【0017】

【表3】

粉体の分散量と溶液の音速の関係	
粉体の分散量 (%)	音速(m/s)
5.0	1551
7.5	1542
10.0	1532

【0018】

また、ポリスチレン粉粒を分散させる水溶液は、前述のように、ポリスチレン粉粒の経時的な沈殿あるいは浮遊を防止する観点から、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)でなければならない。そのため、水(純水)の密度より大きな水溶性物質(液体)を溶かして水溶液の密度を上記値にする必要がある。このように水より密度が大きな液体を水に溶かすと、通常、その水溶液の音速は増加するので、IEC国際規格に定められた1570 (m/s)の音速を有する疑似血液を得るためには、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)で、且つ、音速が上記表3に掲げた音速以下となる水溶液が必要になる。けれども、生体に安全で且つ環境に悪影響を及ぼさない水溶性物質(液体)を溶かした水溶液で、音速が上記表3に示す値以下となるものは、未だに実現されていない。

【0019】

本発明は上記事情の下になされたもので、その解決しようとする課題は、生体に安全で自然環境に悪影響を及ぼすことなく、しかも、密度および音速の経時変化や、ポリスチレンなどの樹脂粉粒の沈殿あるいは浮遊を生じることがないため、長時間にわたって超音波診断装置のフローファントムに用いることができる疑似血液を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明者らは上記課題を解決するため鋭意研究を重ねた結果、水溶性シリコンの水溶液は、その濃度の増加により密度がわずかに増加するけれども音速が減少する領域が存在するという事実を見出し、この水溶性シリコンをデキストランに代えて配合した水溶液

10

20

30

40

50

に超音波を反射する樹脂粉粒を分散させると、IEC国際規格に適合する疑似血液が得られることを知得して、本発明を完成するに至った。

【0021】

即ち、本発明に係る超音波診断装置のフローファントム用疑似血液は、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)の樹脂粉粒を水溶液に分散させた懸濁液からなる疑似血液であって、上記水溶液が、水と水溶性多価アルコールと水溶性シリコンを含んだ密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)の水溶液であることを特徴とするものである。

【0022】

本発明の疑似血液においては、水溶性シリコンが、側鎖に親水性の有機基を有する水溶性シリコンであることが好ましく、有機基がポリエーテル基である水溶性シリコンが更に好ましい。

10

【発明の効果】

【0023】

本発明に用いる水溶性シリコンは、後述するように、密度が水(純水)より大きく、音速が水(純水)より小さい液状物質であり、これを水に溶かしたシリコン水溶液は、シリコン濃度の増加に伴って密度が少し増加するが、音速は逆に減少する。そのため、この水溶性シリコンと前記のグリセリンなどの水溶性多価アルコールと水を含んだ三成分系の水溶液は、その密度を $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)とし、且つ、音速を前記表3に示した値以下とすることが可能である。従って、この三成分系の水溶液に、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)の樹脂粉粒を分散させた本発明の疑似血液は、IEC国際規格に適合する密度 $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)と音速1570 (m/s)を有するものとなる。

20

【0024】

また、水溶性シリコンは糖類ではないので、この水溶性シリコンを溶かした三成分系の水溶液に細菌が繁殖して腐敗する心配もない。従って、本発明の疑似血液は、生体に安全で自然環境に悪影響を及ぼすことがなく、腐敗による密度および音速の経時変化を生じることもない。しかも、本発明の疑似血液は、樹脂粉粒の密度と三成分系の水溶液の密度が等しく $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)であるため、長時間経過しても樹脂粉粒が沈殿したり浮遊したりすることなく、均一な分散、懸濁状態を維持する。

このように、本発明の疑似血液は、衛生的で変質し難いものであるため、長時間にわたって超音波診断装置のフローファントムに用いることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】水溶性シリコン(KF-642)水溶液のシリコン濃度と音速との関係を示すグラフである。

【図2】グリセリン水溶液のグリセリン濃度と音速との関係を示すグラフである。

【図3】水溶性シリコン(KF-642)、グリセリン、水の三成分からなる水溶液における、密度と音速を一定値とする等高線図である。

【図4】水溶性シリコン(KF-640)、グリセリン、水の三成分からなる水溶液における、密度と音速を一定値とする等高線図である。

40

【図5】ポリエチレングリコール(平均分子量400)水溶液とグリセリン水溶液における、密度と音速との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明に係る超音波診断装置のフローファントム用疑似血液の実施形態について、図1、図2、図5に示すグラフや、図3、図4に示す等高線図を参照しながら説明する。

【0027】

本発明に係る疑似血液は、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)の樹脂粉粒を水溶液に分散させた懸濁液からなる疑似血液であって、上記水溶液として、水と水溶性多価アル

50

コールと水溶性シリコーンを含んだ、密度が  $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>) である三成分系の水溶液を用いたものである

【0028】

樹脂粉粒は、 $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>) の密度を有する水不溶性の樹脂粉粒であれば全て使用可能であるが、その中でも、前述のポリスチレン粉粒が好ましく使用される。この樹脂粉粒の粒径は特に限定されないが、均一な分散性や超音波反射性を考慮すると、 $1 \sim 10 \mu\text{m}$  程度の平均粒径を有するものが好ましい。

【0029】

三成分系の水溶液に含まれる水溶性多価アルコールとしては、 $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>) より大きい密度を有する水溶性グリセリンやポリエチレングリコールなどが好ましく使用され、モノマーのエチレングリコールも使用される。ポリエチレングリコールとしては分子量 400 程度のものが使用されるが、分子量は特に限定されない。

10

【0030】

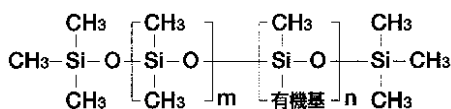
また、三成分系の水溶液に含まれる水溶性シリコーンは、水(純水)より大きい密度を有し、且つ、シリコーン水溶液のシリコーン濃度の上昇に伴って音速が低下するものであれば使用可能である。そのような水溶性シリコーンとしては、例えば、下記の構造式(1)に示すような、側鎖に親水性の有機基を有する側鎖型変性シリコーンが挙げられ、特に、側鎖の有機基が下記の構造式(2)に示すようなポリエーテル基である側鎖型ポリエーテル変性シリコーンが好ましく使用される。かかる側鎖型ポリエーテル変性シリコーンの代表例としては、信越化学工業(株)製の変性シリコーンオイル「KF-642」(粘度 25 : 50 mm<sup>2</sup>/s、比重: 1.04、HLB: 12)や、信越化学工業(株)製の変性シリコーンオイル「KF-640」(粘度 25 : 20 mm<sup>2</sup>/s、比重: 1.01、HLB: 14)などが挙げられる。

20

【0031】

構造式(1)

【化1】

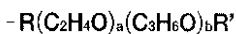


30

構造式(2)

【化2】

有機基



【0032】

次に、樹脂粉粒としてポリスチレン粉粒、水溶性多価アルコールとしてグリセリン、水溶性シリコーンとして側鎖型ポリエーテル変性シリコーン(信越化学工業(株)製の変性シリコーンオイル「KF-642」)を用いる場合を例にとって、本発明に係る疑似血液を具体的に説明する。

40

【0033】

信越化学工業(株)製の水溶性シリコーンオイル「KF-642」の 22.0 における密度と音速を測定したところ、下記表4に示すように、密度は  $1.04 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)、音速は 1308.0 (m/s) であった。この測定値から、上記水溶性シリコーンオイルの密度は水(純水)より大きく、また、その音速は水の音速 1500 (m/s) より低いことが確認できた。

【0034】

【表 4】

水溶性シリコンオイル (KF-642) の密度と音速 測定温度 : 22.0°C	
密度 ( $10^3 \text{ kg/m}^3$ )	音速 (m/s)
1.04	1308.0

## 【0035】

10

前記の水溶性シリコンオイル「KF-642」で水溶液を作成して、その濃度（質量％）と密度および音速の関係を測定した。図1に、シリコンオイル水溶液における水溶性シリコンオイルの濃度と音速との関係の測定結果を示す。水溶性シリコンオイルを水に溶かすと、その水溶液の密度はわずかに増加したが、音速は、図1に示すように、水溶性シリコンオイル濃度の上昇に伴って低下することが認められた。

## 【0036】

一方、グリセリンの水溶液は、グリセリンの密度が  $1.26 \times 10^3 \text{ (kg/m}^3)$  であるため、グリセリン濃度を調整して水溶液の密度を  $1.05 \times 10^3 \text{ (kg/m}^3)$  にすることができる。しかし、グリセリンの水溶液においては、その密度が  $1.05 \times 10^3 \text{ (kg/m}^3)$  になるようにグリセリン濃度を高くすると、音速が目標とする  $1570 \text{ (m/s)}$  を超過することが実験結果から確認できた。図2は、擬似血液の密度と音速を規定している温度  $22.0$  における、グリセリン水溶液のグリセリン濃度と音速との関係を測定したグラフであって、このグラフに示されるように、グリセリン水溶液の音速はグリセリン濃度の上昇に伴って大きくなる。

20

## 【0037】

上記のように、シリコンオイル (KF-642) 水溶液の水溶性シリコンオイル濃度と音速の関係と、グリセリン水溶液のグリセリン濃度と音速の関係は、溶質の濃度の増加に対する音速の変化において正反対の特性を示している。この事実から、水溶性シリコンオイルとグリセリンと水を含む三成分系の水溶液によって、密度が  $1.05 \times 10^3 \text{ (kg/m}^3)$  で、且つ、音速が前記表3に掲げた値以下の水溶液を調製できることが想定される。

30

## 【0038】

一般に水を含む3種類の液体を混合して作成した水溶液の物性は、水に溶かした2種類の溶液の間に物性に影響を与える相互作用が存在する。そのため水溶性シリコンオイルの水溶液の濃度と音速の関係と、グリセリン水溶液の濃度と音速の関係を線形加算することによって、水溶性シリコンオイルとグリセリンを混合した水溶液の密度や音速を算出することはできない。

## 【0039】

シリコンオイルとグリセリンを溶かした水溶液について、3種の液体のあらゆる混合率における密度と音速を測定することにより濃度と密度あるいは濃度と音速の関係を明らかにすることは大変な手数がかかり困難である。

40

## 【0040】

上記のような手数のかかる方法に対して数少ない測定データから混合溶液の物性を推定できる方法がシェフエ(H. Scheff)により開発された。この方法を2種類の溶質を溶かした水溶液の密度と音速の特性を知るのに応用した場合、計算値と実験値は非常に良い一致が認められている。この事実は下記文献2に記載されている。

[文献2] 吉田知司、後藤朱里、田仲浩平、近藤敏郎(Tomoji Yoshida, Akari Gotow, Kouhei Tanaka, and Toshio Kondo), 「音波減衰定数測定のためのレファレンス材(Reference Materials for the Measurement of Acoustic Attenuation Coefficients)」、日本応用物理誌(Jpn. J. Appl. Phys.), 50巻、2011年、p. 07HF15-1

50

【 0 0 4 1 】

上記の手法を採用することにより、目標とする密度と音速の水溶液が実現できる。

以下、文献 2 に記載されている方法を水溶性シリコンオイルとグリセリンを溶かした水溶液に適用して、シリコンオイルとグリセリンの濃度を定める場合について具体的に述べる。

【 0 0 4 2 】

三成分からなる溶液の成分比  $x_1, x_2, x_3$  に対して溶液の物性値 は、次式 ( 1 ) で与えられる。

【 数 1 】

$\beta_{11}x_1 + \beta_{22}x_2 + \beta_{33}x_3 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 + \beta_{123}x_1x_2x_3 = \tau$  (1)

10

ここに  $x_1 + x_2 + x_3 = 1.0$

【 0 0 4 3 】

式 (1) の係数  $\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}, \beta_{123}$  を定めるため、下記表 5 に示すように、水溶性シリコンオイル ( KF - 6 4 2 ) とグリセリンと水 ( 純水 ) との含有割合が異なる 7 種類の水溶液について、それぞれの密度と音速を測定した。その測定結果を下記表 5 に示す。

20

【 0 0 4 4 】

【 表 5 】

水溶性シリコンオイル (KF-642), グリセリン, 水 3 成分混合液の測定値				
測定温度 : 22.0°C				
KF-642 (wt%)	グリセリン (wt%)	純水 (wt%)	音速 (m/s)	密度 (g/m <sup>3</sup> )
0.0	0.0	100.0	1490	0.998
12.5	0.0	87.5	1487	1.008
25.0	0.0	75.0	1482	1.018
10.0	10.0	80.0	1529	1.032
0.0	10.0	90.0	1536	1.023
0.0	20.0	80.0	1582	1.047
5.0	5.0	90.0	1510	1.015

30

40

【 0 0 4 5 】

上記表 5 に示された成分比から決まる  $x_1, x_2, x_3$  の数値から、式 ( 1 ) の係数  $\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}, \beta_{123}$  を求める次式 ( 2 )、( 3 ) が与えられる。

ここに式 ( 2 ) は音速に関する式であり、式 ( 3 ) は密度に関する式である。

【 0 0 4 6 】

【 数 2 】

$$\begin{pmatrix}
 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\
 0.275 & 0.125 & 0.0 & 0.189375 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\
 0.75 & 0.25 & 0.0 & 0.1875 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\
 0.88 & 0.18 & 0.10 & 0.08 & 0.08 & 0.01 & 0.008 \\
 0.98 & 0.0 & 0.10 & 0.0 & 0.08 & 0.0 & 0.0 \\
 0.88 & 0.0 & 0.20 & 0.0 & 0.16 & 0.0 & 0.0 \\
 0.98 & 0.05 & 0.05 & 0.045 & 0.045 & 0.0025 & 0.00225
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 \beta_{11} \\
 \beta_{22} \\
 \beta_{33} \\
 \beta_{12} \\
 \beta_{13} \\
 \beta_{23} \\
 \beta_{123}
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 1490.0 \\
 1487.0 \\
 1482.0 \\
 1529.0 \\
 1536.0 \\
 1582.0 \\
 1510.0
 \end{pmatrix}
 \quad (2)$$

50

【 0 0 4 7 】

【 数 3 】

$$\begin{pmatrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.275 & 0.125 & 0.0 & 0.109375 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.75 & 0.25 & 0.0 & 0.1875 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.80 & 0.10 & 0.10 & 0.08 & 0.08 & 0.01 & 0.008 \\ 0.90 & 0.0 & 0.10 & 0.0 & 0.09 & 0.0 & 0.0 \\ 0.80 & 0.0 & 0.20 & 0.0 & 0.16 & 0.0 & 0.0 \\ 0.90 & 0.05 & 0.05 & 0.045 & 0.045 & 0.0025 & 0.00225 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_{12} \\ \beta_{13} \\ \beta_{23} \\ \beta_{223} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.998 \\ 1.008 \\ 1.018 \\ 1.032 \\ 1.023 \\ 1.047 \\ 1.015 \end{pmatrix} \quad (3)$$

【 0 0 4 8 】

式(2)を解き  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}, \beta_{223}$  を求めると次のようになる。

$$\beta_1 = 1490.0, \quad \beta_2 = 1410.0, \quad \beta_3 = 1950.0, \quad \beta_{12} = 64.0, \quad \beta_{13} = 0, \quad \beta_{23} = 64.55.2, \quad \beta_{223} = -8008.0$$

成分比  $x_1, x_2, x_3$  を関数とする音速  $C$  の式は、次式(4)のようになる。

【 0 0 4 9 】

【 数 4 】

$$C = 1490.0x_1 + 1410.0x_2 + 1950.0x_3 + 64.0x_1x_2 + 6455.2x_2x_3 - 8008.0x_1x_2x_3 \quad (4)$$

【 0 0 5 0 】

式(3)を解き  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}, \beta_{223}$  を求めると次のようになる。

$$\beta_1 = 0.998, \quad \beta_2 = 1.078, \quad \beta_3 = 1.203, \quad \beta_{12} = 0.0, \quad \beta_{13} = 0.05, \quad \beta_{23} = 2.99, \quad \beta_{223} = -3.1$$

成分比  $x_1, x_2, x_3$  を関数とする密度  $\rho$  の式は、次式(5)で与えられる。

【 0 0 5 1 】

【 数 5 】

$$\rho = 0.998x_1 + 1.078x_2 + 1.203x_3 + 0.05x_1x_3 + 2.99x_2x_3 - 3.1x_1x_2x_3 \quad (5)$$

【 0 0 5 2 】

式(4)と式(5)を用いて、水溶性シリコンオイル(KF-642)、グリセリン、水の三成分からなる水溶液において密度と音速を一定値とする等高線を三角図上に描いた。得られた結果を図3に示す。 30

【 0 0 5 3 】

図3において、密度が  $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>) なる等高線と、音速がそれぞれ 1540 (m/s)、1550 (m/s)、1560 (m/s) なる等高線は交わる。この事実から、密度が  $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>) で且つ音速が 1570 (m/s) 以下の液体が、水溶性シリコンオイル(FK-642)、グリセリン、水の三成分からなる水溶液で実現できることが明らかである。

【 0 0 5 4 】

従って、上記の三成分系の水溶液にポリスチレン粉粒を前記表3に示す分散量で分散させると、IEC国際規格の1570 (m/s)の音速と、IEC国際規格の  $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)の密度を有する疑似血液が得られることは明らかであり、この疑似血液ではポリスチレン粉粒の密度と三成分系水溶液の密度が完全に一致しているので、長時間放置してもポリスチレン粉粒が沈澱あるいは浮遊することはない。 40

【 0 0 5 5 】

また、ポリエチレングリコール(平均分子量400)水溶液における密度と音速の関係を測定結果から求めた。得られた結果を図5に示す。図5のグラフから、密度が  $1.04 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)での音速は、グリセリン水溶液と比べ若干高くなっているが、ポリエチレングリコール(平均分子量400)水溶液はグリセリン水溶液と類似した密度と音速の関係であることが判る。このことからポリエチレングリコールと水溶性シリコン 50

オイルを含んだ水溶液にポリスチレン粉粒を分散させても、IEC国際規格に適合する擬似血液を調製できることが判る。

【0056】

また、水溶性シリコンオイル(FK-642)に代えて前記の水溶性シリコンオイル(FK-640)を使用し、前述した手法で、水溶性シリコンオイル(KF-640)、グリセリン、水の三成分からなる水溶液において密度と音速を一定値とする等高線図を作製した。この等高線図を図4に示す。

【0057】

水溶性シリコンオイル(FK-640)は、水溶性シリコンオイル(FK-642)と同様の側鎖型ポリエーテル変性シリコンオイルであるが、側鎖の数や長さ、或いは、主鎖の長さの違いのため、密度が $1.01 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)と水溶性シリコンオイル(FK-642)より小さいものである。けれども、図4から明らかのように、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)なる等高線と、音速がそれぞれ1540 (m/s)、1550 (m/s)、1560 (m/s)なる等高線は交っており、この事実から、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)で且つ音速が1570 (m/s)以下の液体が、水溶性シリコンオイル(FK-640)、グリセリン、水の三成分からなる水溶液で実現できることが判る。

10

【0058】

次に、本発明の更に具体的な実施例を説明する。

【0059】

20

[実施例1]

図3に示す等高線図において、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)の等高線と、音速が1540 (m/s)の等高線との交点の座標を計算することによって、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)、音速が1540 (m/s)の三成分系水溶液の水溶性シリコンオイル濃度とグリセリン濃度を求めたところ、水溶性シリコンオイル濃度は18.5質量%、グリセリン濃度は9.7質量%であった。

この水溶性シリコンオイル濃度が18.5質量%、グリセリン濃度が9.7質量%である三成分系水溶液に、密度が $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)のポリスチレン粉粒(平均粒径5 μm)を分散させて擬似血液となる懸濁液を調製するとき、この懸濁液の音速を規格値の1570 (m/s)とするポリスチレン粉粒の分散量を、前記文献1に記載されている理論式で求めると、ポリスチレン粉粒の分散量は三成分系水溶液100質量%に対して8.0質量%となる。

30

そこで、上記の三成分系水溶液100質量%に対してポリスチレン粉粒を8質量%分散させることにより、IEC国際規格に適合した密度 $1.05 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)と音速1570 (m/s)を有する、下記表6に記載した組成の疑似血液を得た。

【0060】

【表 6】

実施例 1	密度 ( $10^3 \text{ kg/m}^3$ )	音速 (m/s)	メーカー	品番	割合 (wt%)
水	1.00	1570	—	—	71.8
グリセリン	1.26	1912	ナカライテスク	グリセリン	9.7
水溶性シリコーン	1.04	1308	信越化学工業(株)	KF642	18.5
ポリスチレン 粒径: $5 \mu\text{m}$	1.05	2117	綜研化学(株)	SX-500H	8.0
疑似血液	1.05	1570	—	—	—

10

20

30

40

## 【0061】

## [実施例 2]

グリセリンに代えてポリエチレングリコール(分子量400)を用い、実施例1と同様の方法で、密度が $1.05 \times 10^3$  ( $\text{kg/m}^3$ )、音速が1540 ( $\text{m/s}$ )の三成分系水溶液の水溶性シリコーンオイル濃度とポリエチレングリコール濃度を求め、IEC国際規格に適合した密度 $1.05 \times 10^3$  ( $\text{kg/m}^3$ )と音速1570 ( $\text{m/s}$ )を有する、下記表7に記載した組成の疑似血液を得た。

## 【0062】

50

【表 7】

実施例 2	密度 ( $10^3 \text{ kg/m}^3$ )	音速 (m/s)	メーカー	品番	割合 (wt%)
水	1.00	1570	—	—	70.7
ポリエチレング リコール 分子量：400	1.13	1604	ナカライテスク	PEG#400	16.5
水溶性シリコーン	1.04	1308	信越化学工業(株)	KF642	12.8
ポリスチレン 粒径：5 $\mu\text{m}$	1.05	2117	綜研化学(株)	SX-500H	8.0
疑似血液	1.05	1570	—	—	—

10

20

30

40

## 【0063】

## [実施例 3]

グリセリンに代えてエチレングリコールを用い、実施例 1 と同様の方法で、密度が  $1.05 \times 10^3$  ( $\text{kg/m}^3$ )、音速が  $1540$  ( $\text{m/s}$ ) の三成分系水溶液の水溶性シリコーンオイル濃度とエチレングリコール濃度を求め、IEC 国際規格に適合した密度  $1.05 \times 10^3$  ( $\text{kg/m}^3$ ) と音速  $1570$  ( $\text{m/s}$ ) を有する、下記表 8 に記載した組成の疑似血液を得た。

50

【 0 0 6 4 】

【 表 8 】

実施例 3	密度 ( $10^3 \text{ kg/m}^3$ )	音速 (m/s)	メーカー	品番	割合 (wt%)
水	1.00	1570	—	—	68.8
エチレングリコール	—	—	ナカライテスク	エチレングリコール	21.1
水溶性シリコーン	1.04	1308	信越化学工業(株)	KF642	10.1
ポリスチレン 粒径 : $5 \mu\text{m}$	1.05	2117	綜研化学(株)	SX-500H	8.0
疑似血液	1.05	1570	—	—	—

10

20

30

40

【 0 0 6 5 】

[ 比較例 1 ]

グリセリンを含み水溶性シリコーンオイルを含まない下記表 9 に示す組成の二成分系水溶液に、ポリスチレン粉粒（平均粒径  $5 \mu\text{m}$ ）を 8 質量% 分散させて、比較用の疑似血液を得た。

【 0 0 6 6 】

【表 9】

比較例 1	密度 ( $10^3 \text{ kg/m}^3$ )	音速 (m/s)	メーカー	品番	割合 (wt%)
水	1.00	1570	—	—	90.3
グリセリン	1.26	1912	ナカライテスク	グリセリン	9.7
水溶性シリコーン	1.04	1308	信越化学工業(株)	KF642	0.0
ポリスチレン 粒径: $5 \mu\text{m}$	1.05	2117	綜研化学(株)	SX-500H	8.0
疑似血液	1.04	1570	—	—	—

10

20

30

40

## 【0067】

上記実施例 1 ~ 3 の疑似血液と比較例 1 の疑似血液について、初期の密度、音速、ポリスチレン粉粒の沈降の有無を測定、観察すると共に、1 日経過後のポリスチレン粉粒の沈降の有無を観察した。更に、1 週間経過後の密度、音速、ポリスチレン粉粒の沈降の有無についても測定、観察した。その結果を下記表 10 に示す。

## 【0068】

【表 10】

		実施例 1	実施例 2	実施例 3	比較例 1
初期	密度( $10^3\text{kg/m}^3$ )	1.05	1.05	1.05	1.04
	音速(m/s)	1570	1570	1570	1570
	沈降の有無	無	無	無	無
1日後	沈降の有無	無	無	無	有
1週間後	密度( $10^3\text{kg/m}^3$ )	1.05	1.05	1.05	測定不可
	音速(m/s)	1570	1570	1570	測定不可
	沈降の有無	無	無	無	有

10

## 【0069】

表10を見ると、比較例1の疑似血液は、初期の音速が1570(m/s)でIEC国際規格に適合しているが、密度が $1.04 \times 10^3$ (kg/m<sup>3</sup>)で許容誤差内となっており、ポリスチレン粉粒の密度 $1.05 \times 10^3$ (kg/m<sup>3</sup>)より少し小さくなっている。そのため、1日放置後にポリスチレン粉粒の沈殿が見られ、1週間経過後はポリスチレン粉粒の沈殿により密度も音速も測定が不可能である。

20

これに対し、本発明の疑似血液は、密度も音速もIEC国際規格に適合し、ポリスチレン粉粒の密度と疑似血液の三成分系水溶液の密度が同じであるため、1週間経過してもポリスチレン粉粒の沈殿が見られず、密度や音速の変化も生じないことが判る。

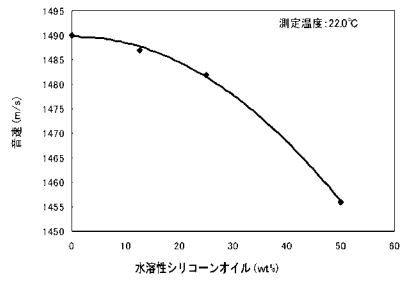
## 【産業上の利用可能性】

## 【0070】

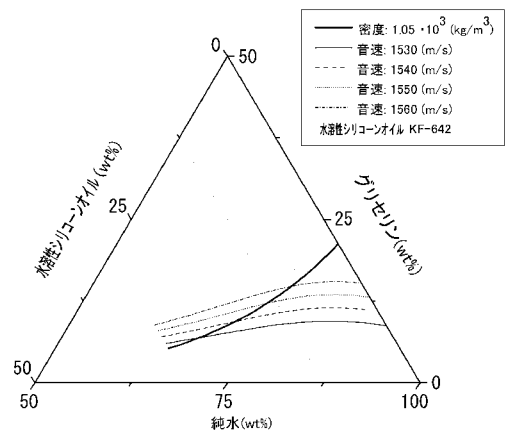
本発明の疑似血液は、密度と音速を規定の値に正確に調節でき、且つ、それらの経時変化が生じ難い特性のため、超音波診断装置の性能を評価するのに有用なファントム用の疑似血液となる。また、この疑似血液は生体に対して安全で且つ自然環境破壊が起こらない材料で作成されているため産業上の利用価値は高い。

30

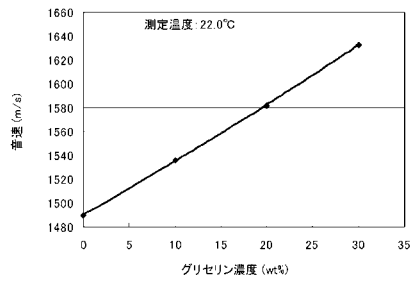
【 図 1 】



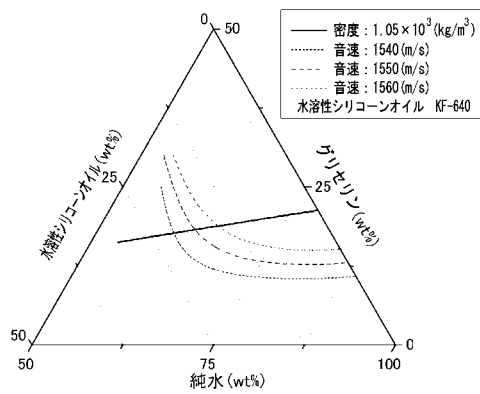
【 図 3 】



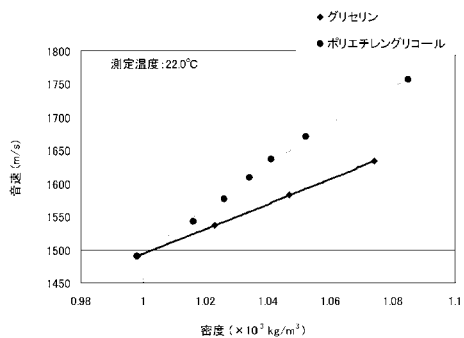
【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 近藤 敏郎  
香川県さぬき市支度1314-1 徳島文理大学内
- (72)発明者 安川 和宏  
大阪市北区梅田3丁目1番3号 タキロン株式会社内
- (72)発明者 宮本 信昭  
大阪市北区梅田3丁目1番3号 タキロン株式会社内
- (72)発明者 谷口 雅彦  
大阪市北区梅田3丁目1番3号 タキロン株式会社内
- Fターム(参考) 2C032 CA06  
4C601 DD03 DE01 EE10 LL19

专利名称(译)	用于超声诊断设备流量模型的伪血		
公开(公告)号	<a href="#">JP2013235094A</a>	公开(公告)日	2013-11-21
申请号	JP2012106673	申请日	2012-05-08
申请(专利权)人(译)	タキオン株式会社		
[标]发明人	田仲浩平 吉田知司 佐藤一石 近藤敏郎 安川和宏 宫本信昭 谷口雅彦		
发明人	田仲 浩平 吉田 知司 佐藤 一石 近藤 敏郎 安川 和宏 宫本 信昭 谷口 雅彦		
IPC分类号	G09B23/28 A61B8/00		
FI分类号	G09B23/28 A61B8/00		
F-TERM分类号	2C032/CA06 4C601/DD03 4C601/DE01 4C601/EE10 4C601/LL19		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

解决的问题：长期作为超声波诊断设备的流动模型，因为它对生物体安全，不会对自然环境造成不利影响，不会引起密度和声速的时间变化，也不会引起树脂粉末颗粒的沉淀或悬浮。提供可以使用的伪血。一种用于超声诊断设备的流动模型的假血，其包括悬浮液，其中密度为 $1.05 \times 10^3$  ( kg / m<sup>3</sup> ) 的树脂粉末颗粒分散在水溶液中。水溶液是含有水，水溶性多元醇和水溶性硅酮且具有 $1.05 \times 10^3$  ( kg / m<sup>3</sup> ) 的密度的水溶液。通过使用含有水溶性有机硅的三组分水溶液，其水溶性随着浓度的增加而降低，从而获得了符合IEC国际标准的密度和声速的假血，并使用了树脂粉末颗粒和三组分体系。通过使水溶液的密度相同，防止了树脂粉末颗粒的沉淀或漂浮。[选择图]无

▲ ◆ ● ▲

擬似血液の規格値 (IEC61685)	
密度(10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> )	音速(m/s)
1.050	1570

【 0 0 0 7 】