

## II 分子イメージングの最新動向

## 4. 超音波イメージングの最新動向

## 2) 超音波診断・治療システム (超音波セラノスティクス) 開発の現状と展望

鈴木 亮<sup>\*1</sup> / 小田 雄介<sup>\*1</sup> / 小俣 大樹<sup>\*1</sup> / 澤口 能一<sup>\*2</sup>  
根岸 洋一<sup>\*3</sup> / 丸山 一雄<sup>\*1</sup>

\*1 帝京大学薬学部薬物送達学研究室 \*2 日本薬科大学薬学教育推進センター \*3 東京薬科大学薬学部薬物送達学教室

現在、診断装置として光イメージング、X線 computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), positron emission tomography (PET), 超音波などが臨床応用されており、各装置でさまざまな特徴がある<sup>1)</sup> (表1)。その中で超音波造影装置は、管理区域が不要、小型でベッドサイドにも運搬可能、比較的安価、リアルタイムイメージングが可能などの多くの利点があり注目されている。また、最近では、標的部位に体外からピンポイントに超音波のエネルギーを集束できる治療用超音波装置 [強力集束超音波 (HIFU)] が開発され、新たながん治療法として期待されている。このように、超音波は治療と診断のための装置がそろっており、診断・治療を行うシステム (セラノスティクス) を構築する上で有望な医療用エネルギーとしてとらえられる<sup>2)</sup>。さらに、微小気泡 (ナノ・マイクロバブル) と超音

波の併用により、超音波診断の精度向上やソノポレーション効果の増強によるドラッグデリバリーへの応用が期待されている (図1)。そこで本稿では、この超音波セラノスティクスの開発に関する現状と展望について、筆者らの取り組みを交えて紹介する。

## 超音波イメージング

超音波造影装置および画像構築技術の飛躍的な進歩に伴い、さまざまな組織を非侵襲的かつ高解像度で撮像できる装置が臨床応用されている。また、ドプラ効果を利用することで、血流の速度や方向をリアルタイムに把握することも可能である。さらに最近では、胎児の撮像に対し3D/4Dイメージングが可能となっており、子宮内の胎児の表情や動きを鮮明に表示することもできる (図2)。

また、超音波検査でしこりの硬さを画像化するエラストグラフィという方法も開発されており、乳がん検診への応用が期待されている<sup>3)</sup>。一方で、超音波造影装置のみでは撮像しにくい生体内器官も存在する。一般に血流の造影では、ドプラ効果により比較的血流が豊富な血管や太い血管を特定することができるものの、微小血管の観察や組織内の血行を評価することは困難とされている。そこで登場したのが超音波造影剤であるマイクロバブルである。このマイクロバブルは、造影用超音波照射により共振し、非線形的挙動をする。この時、照射した超音波の周波数より高周波の超音波が発生する。現在では、この高周波成分を利用して画像化するハーモニックイメージング法が、がんなどの異常組織画像の強調や血流診断の精度向上に利用されている。

表1 各種イメージング手法の特徴  
(参考文献1)より引用改変)

イメージング手法	プローブ	空間分解能	利点	欠点
光	蛍光物質 量子ドット	2~5mm	・高感度 high sensitivity ・機能情報が得られる ・放射線照射なし	・低分解能 ・組織透過性低い
computed tomography (CT)	重金属	50~200 $\mu$ m	・高空間分解能 ・異なる組織を見分けやすい ・比較的低線量被ばく	・造影剤必要 ・放射線照射必要 ・組織特異性なし
magnetic resonance imaging (MRI)	常磁性または超常磁性金属 (例: Gd, Mn)	25~100 $\mu$ m	・高空間分解能 ・電離放射線は使用なし ・生理学的・解剖学的詳細をイメージング可能	・高コスト ・金属デバイスの入った患者は使用できない (ペースメーカーなど)
gamma scintigraphy (PET and SPECT)	放射性核種 (例: <sup>18</sup> F, <sup>111</sup> In, <sup>64</sup> Cu)	1~2mm	・生化学的過程をイメージング可能	・放射線被ばく ・低解像度 ・高コスト
超音波 (US)	マイクロバブル	50~500 $\mu$ m	・非侵襲的 ・放射線不要 ・リアルタイム性	・簡便性 ・低コスト ・局所イメージング ・撮像者の技量に依存