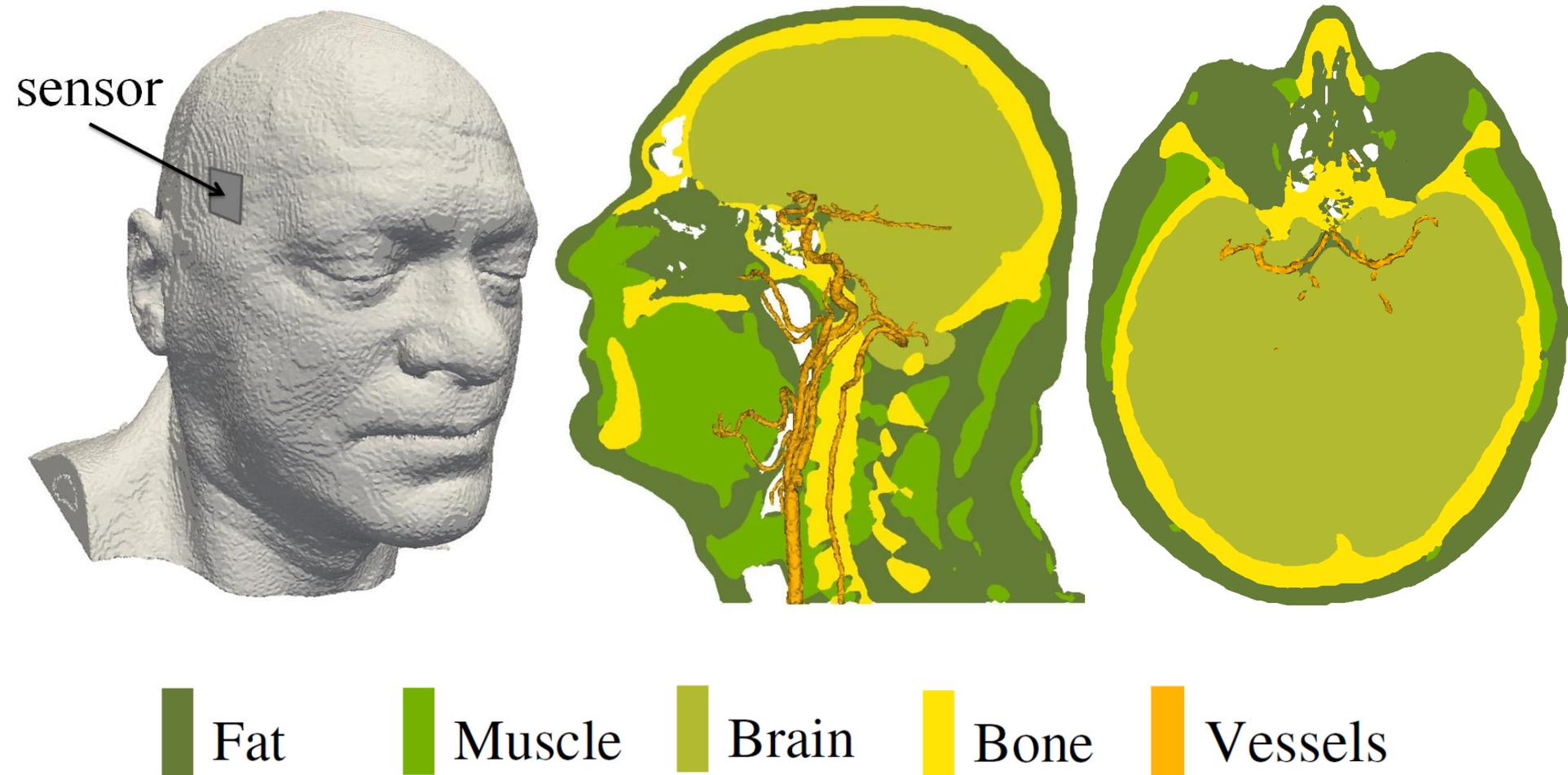
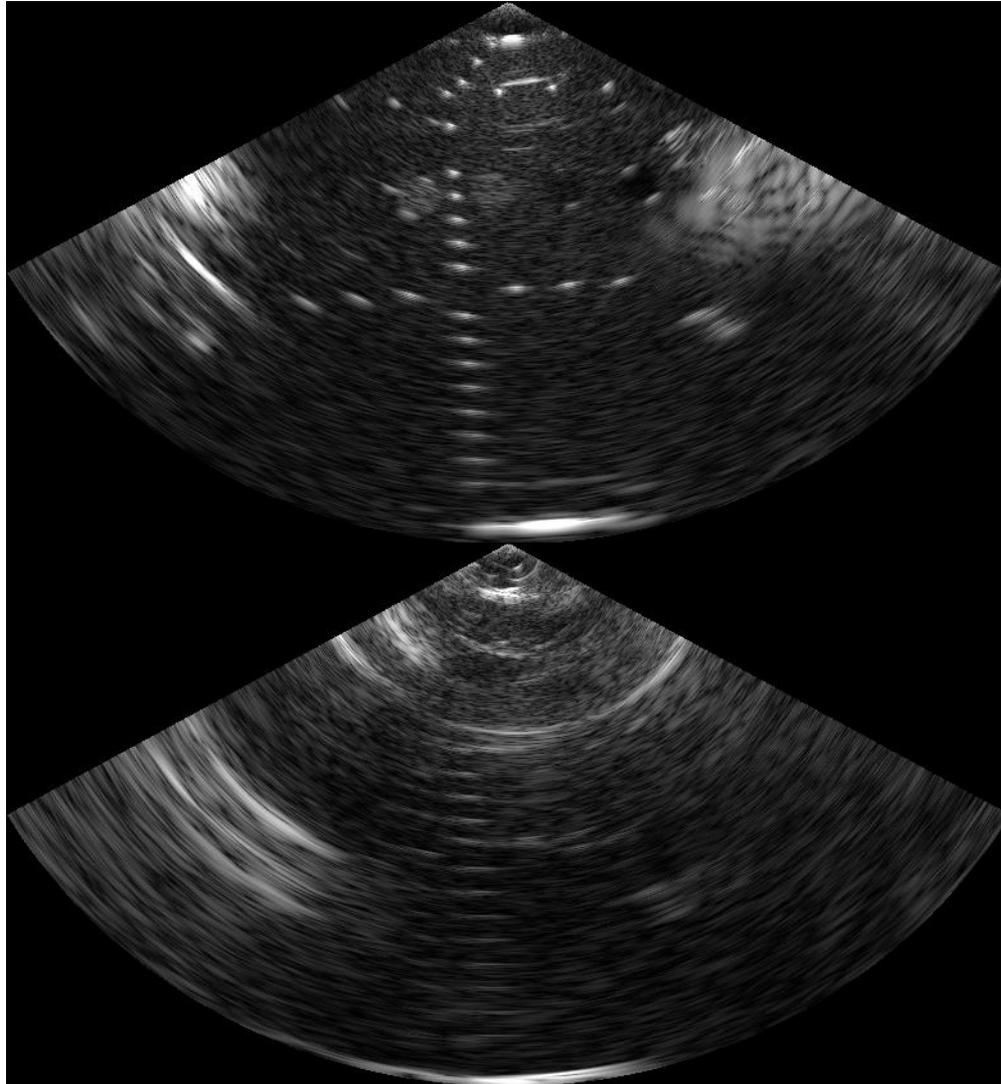

Моделирование ультразвукового исследования с аберрациями

К.А. Беклемышева, И.Б. Петров (МФТИ),
Г.К. Григорьев (MGTS Medical and Health Center),
Н.С. Кульберг (Моск.мед. и практ.центр мед.радиологии),
А.В. Васюков (МФТИ, ИВМ РАН),
Ю.В. Василевский (ИВМ РАН)

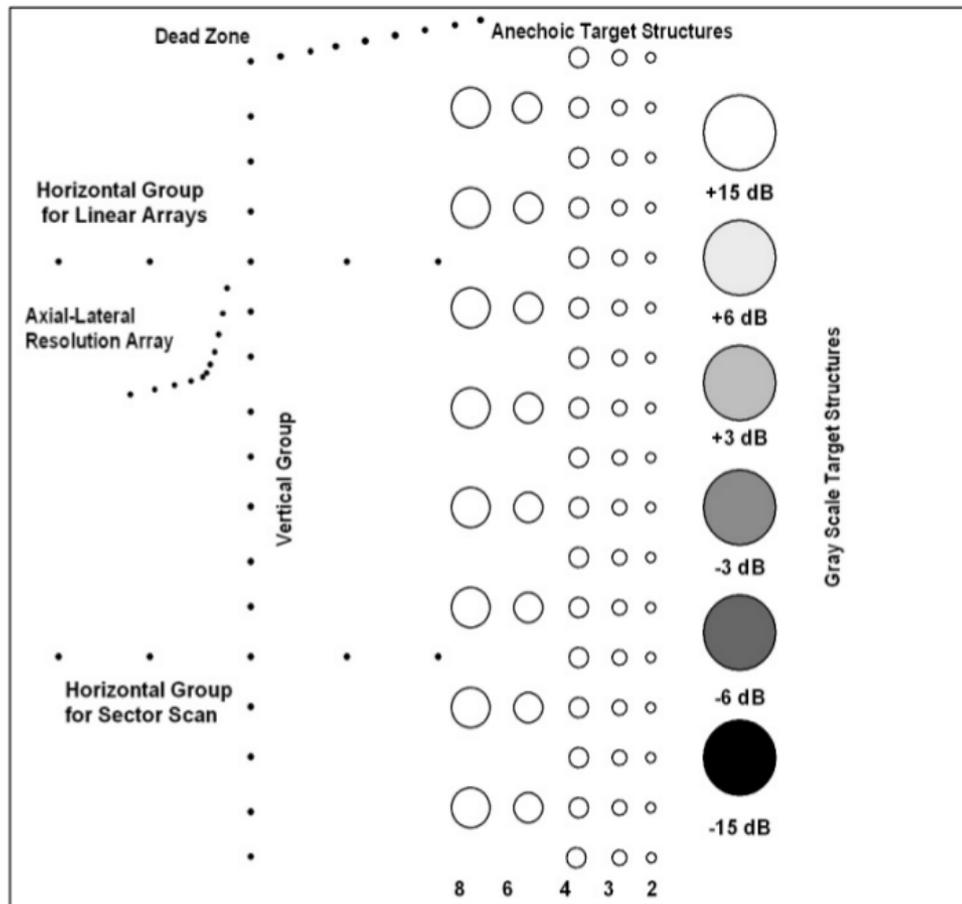
Схематизация задачи (1/2): объект



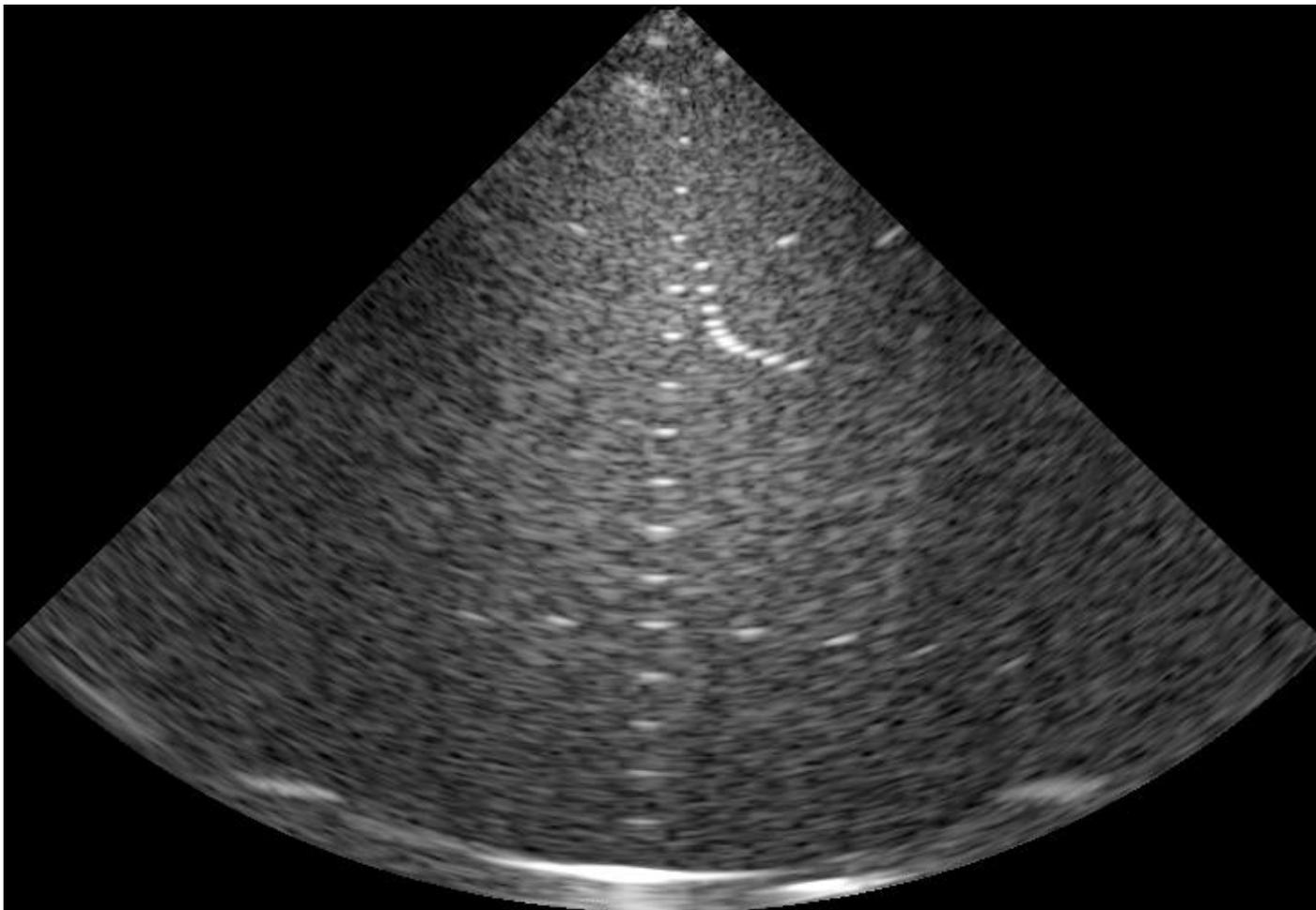
Схематизация задачи (2/2): абберрации



ФАНТОМ ATS Labs Model 539

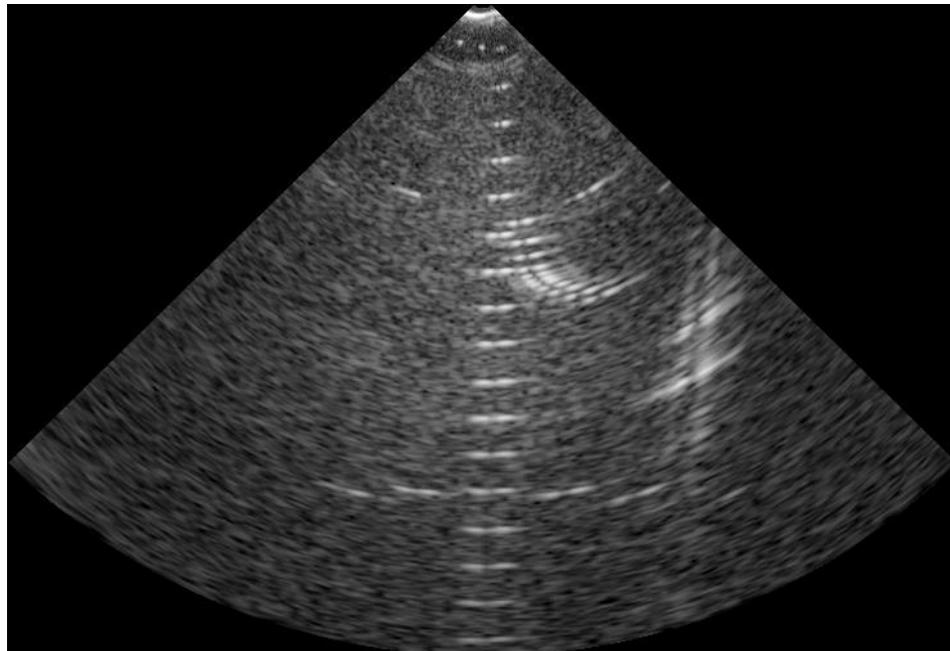


Скан без аббератора

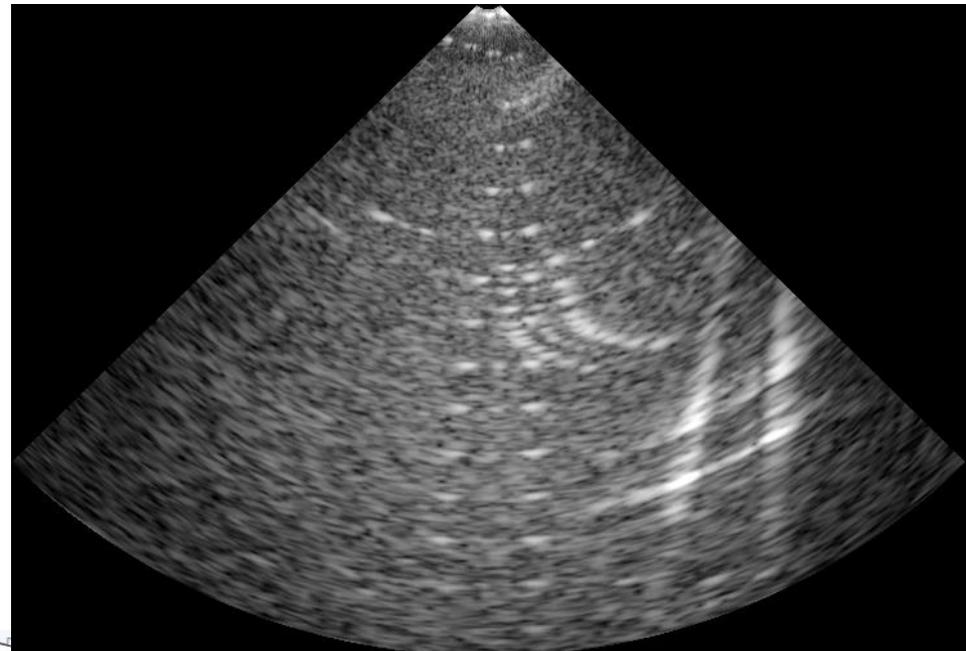


Скан через абберратор

3 волны

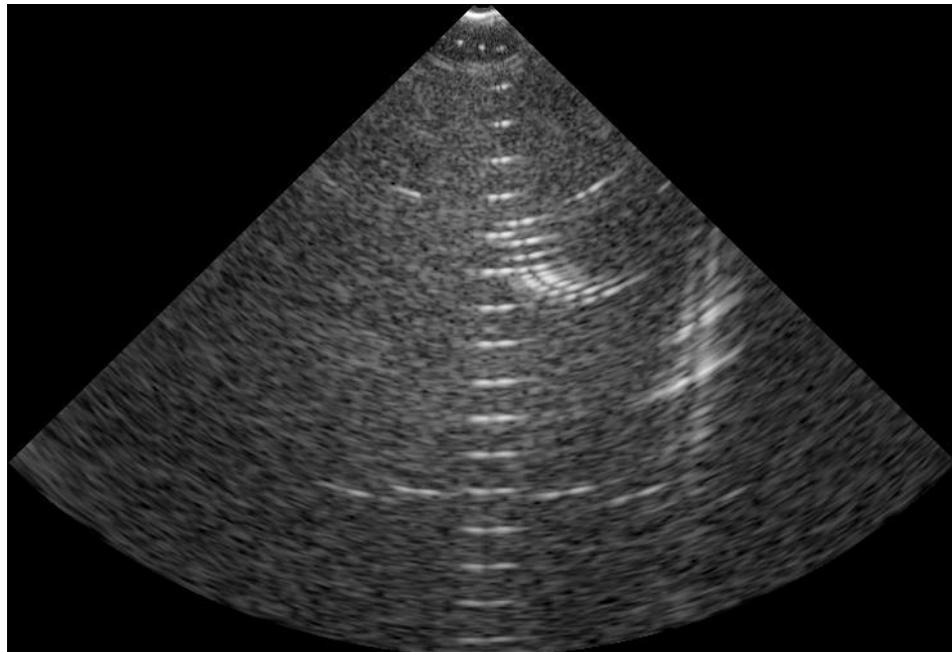


5 волн

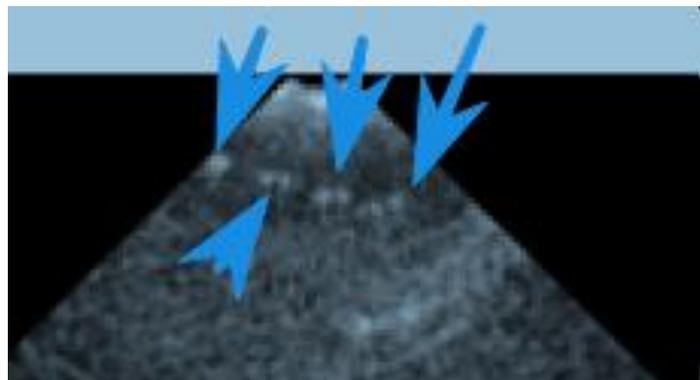
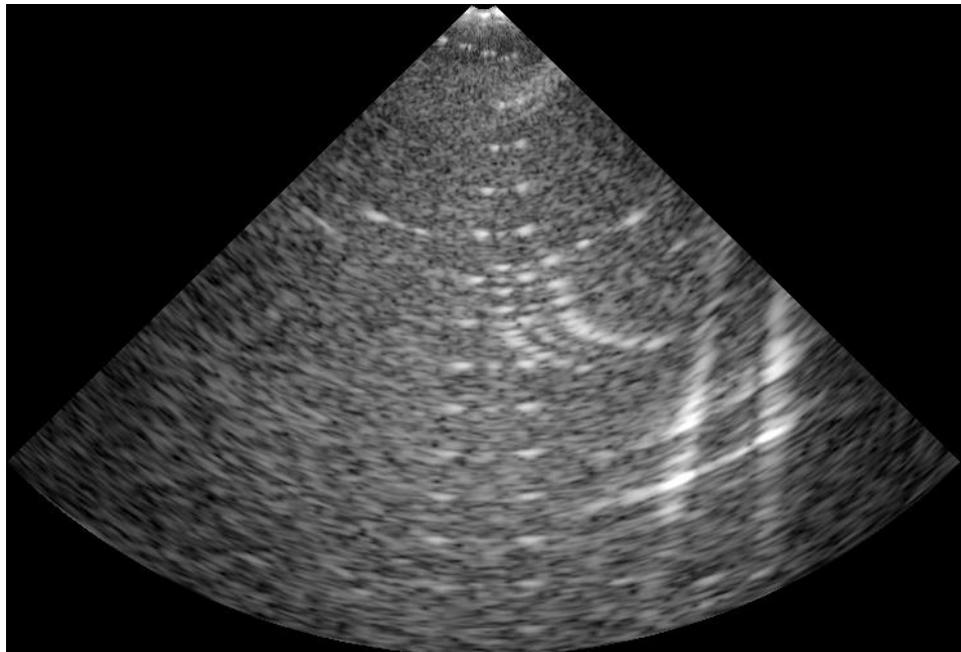


Скан через абберратор

3 волны



5 волн



Ближняя зона (увеличено)

Математическая модель

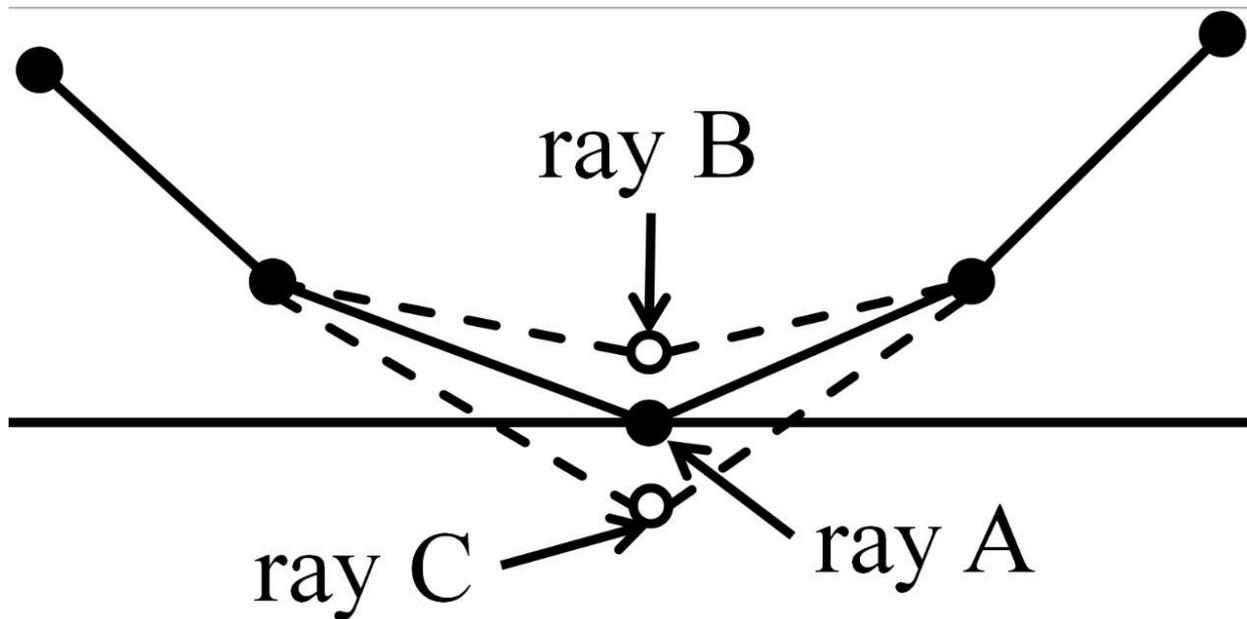
$$\rho(\mathbf{x}) \frac{\partial \mathbf{v}(\mathbf{x}, t)}{\partial t} + \nabla p(\mathbf{x}, t) = 0$$

$$\frac{\partial p(\mathbf{x}, t)}{\partial t} + \rho(\mathbf{x}) c^2(\mathbf{x}) \nabla \cdot \mathbf{v}(\mathbf{x}, t) = -\alpha(\mathbf{x}) c(\mathbf{x}) p(\mathbf{x}, t)$$

Система уравнений акустики

Затухание сигнала по модели Максвелла

Метод трассировки лучей для задачи



Отслеживание
волновых фронтов

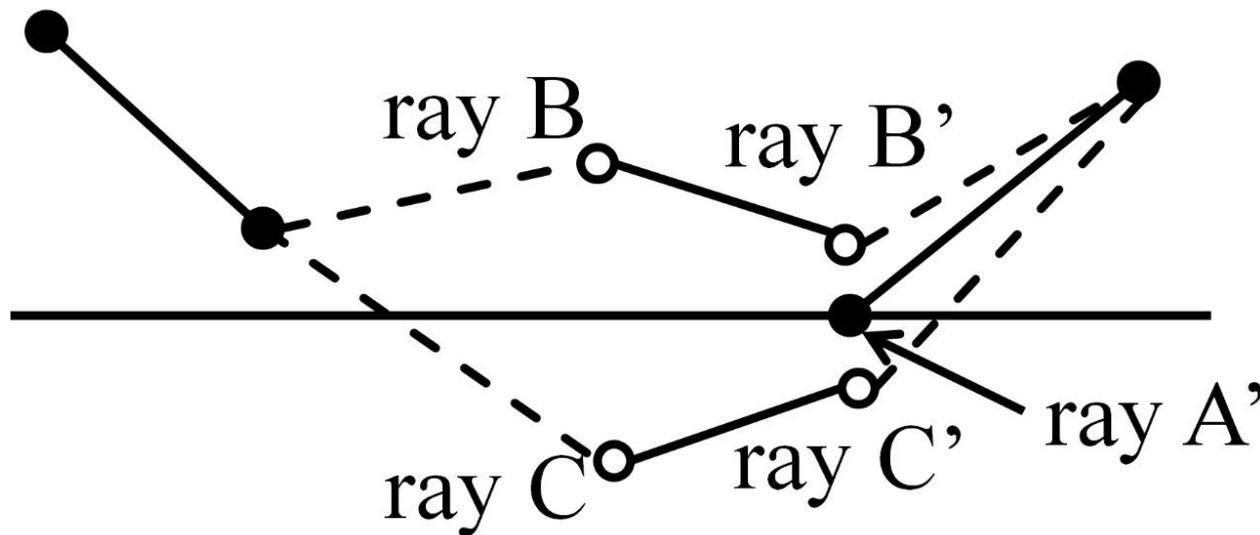
Решение
контактной задачи
на границе двух
материалов

$$\sin(i_B)/c_B = \sin(i_C)/c_C = q$$

$$\frac{p_B}{p_A} = -\frac{\rho_B \cos(i_C)/c_C - \rho_C \cos(i_B)/c_B}{\rho_B \cos(i_C)/c_C + \rho_C \cos(i_B)/c_B}$$

$$\frac{p_C}{p_A} = \frac{2\rho_C \cos(i_B)/c_B}{\rho_B \cos(i_C)/c_C + \rho_C \cos(i_B)/c_B}$$

Метод трассировки лучей для задачи

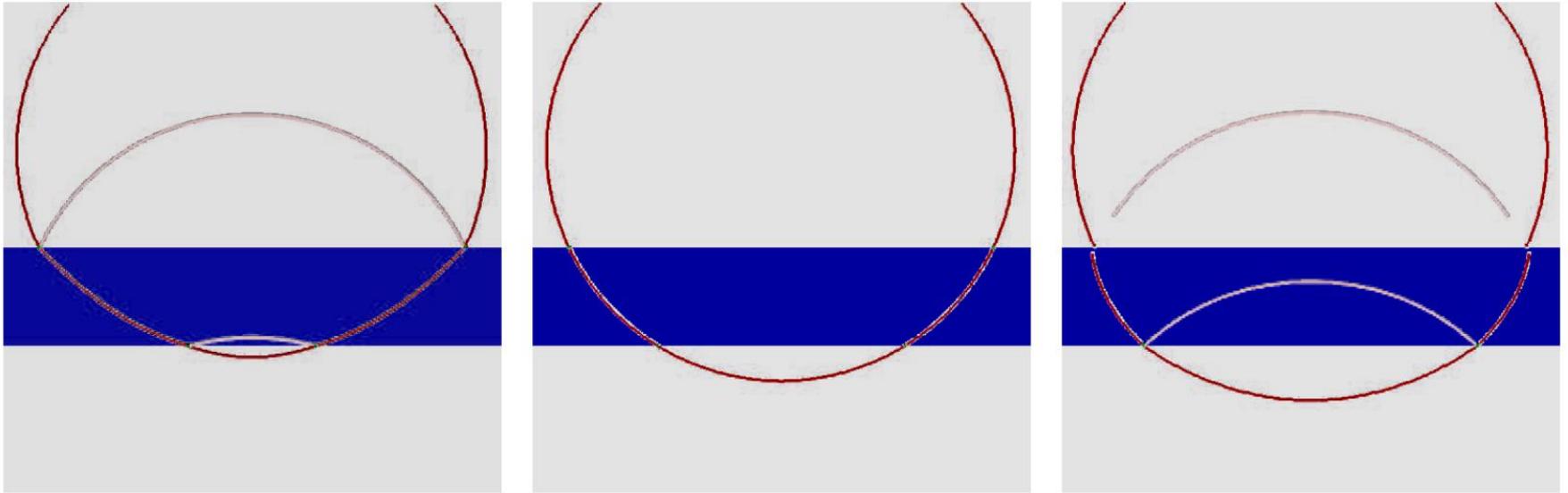


Отслеживание волновых фронтов

Решение контактной задачи на границе двух материалов

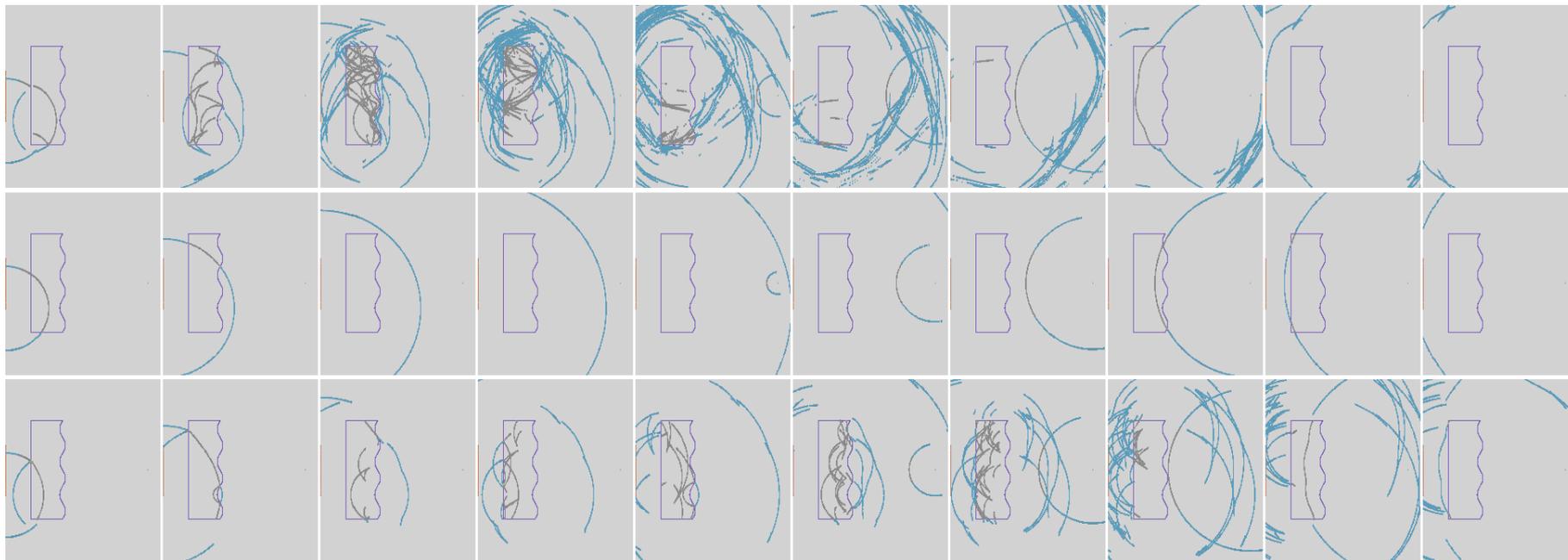
$$\sin(i_B)/c_B = \sin(i_C)/c_C = q$$
$$\frac{p_B}{p_A} = -\frac{\rho_B \cos(i_C)/c_C - \rho_C \cos(i_B)/c_B}{\rho_B \cos(i_C)/c_C + \rho_C \cos(i_B)/c_B}$$
$$\frac{p_C}{p_A} = \frac{2\rho_C \cos(i_B)/c_B}{\rho_B \cos(i_C)/c_C + \rho_C \cos(i_B)/c_B}$$

Метод трассировки лучей: тестирование



Сферическая волна и слой контрастного материала. Волновая картина после слоя.
Слева направо — относительная скорость звука в слое и в фоновом материале 0.8, 1.0, 1.2

Метод трассировки лучей: аббератор



Сферическая волна и аббератор. Волновая картина после аббератора.

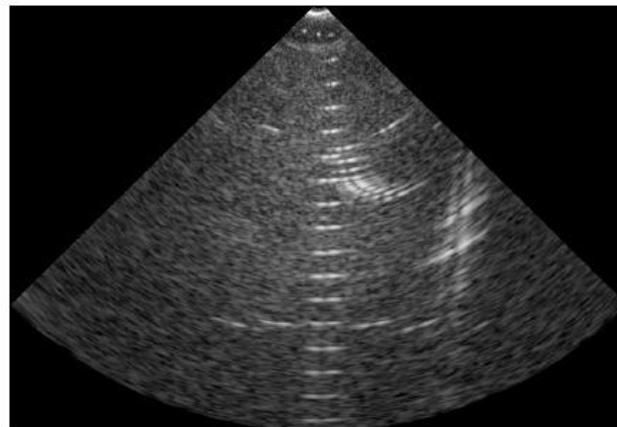
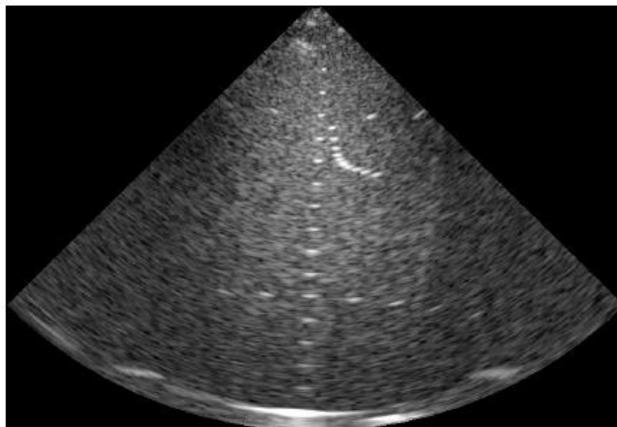
Относительная скорость звука 1.2, 1.0, 0.8

Метод трассировки лучей: полная постановка

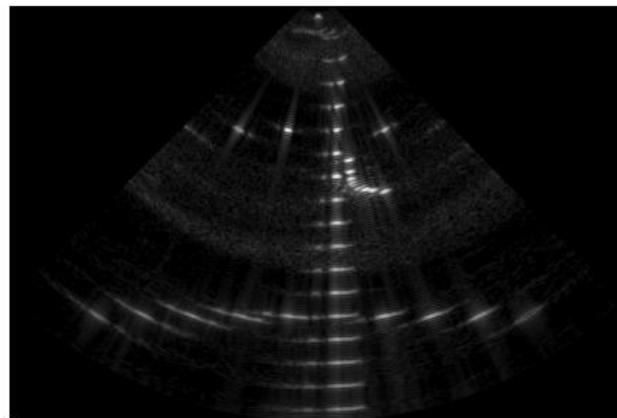
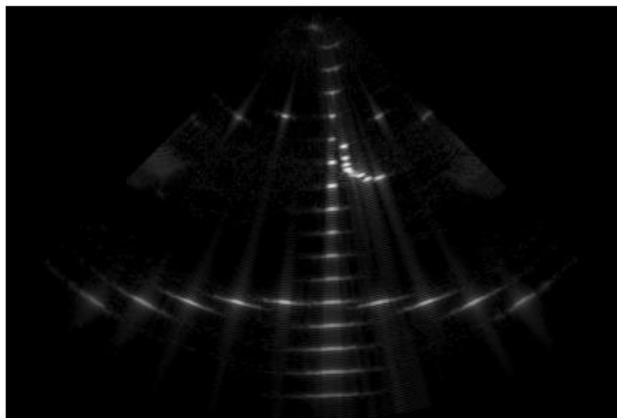
Фантом ATS Labs Model 539

Сканер Medelkom 3.0S19 с линейной фазированной решёткой
(64 элемента, частота несущей 3 МГц, ширина 1 МГц)

Эксперимент



Расчёт



Без аббератора

3 волны

Заключение

- Метод трассировки лучей с реконструкцией волнового фронта (wavefront construction method, WCM) расширен для учёта отражённых и преломлённых фронтов в неоднородной среде
- Выполнены расчёты медицинского фантома через аберратор, расчёты воспроизводят наблюдаемые в эксперименте явления
- Направления дальнейшей работы:
 - метод для упругих материалов
 - расчёты с реальным 3D-черепом
 - отклик от потока крови в крупных сосудах

Спасибо за внимание
