

TASK2VEC: Task Embedding for Meta-Learning

데이터사이언스학과 빅데이터 관리 및 응용 연구실

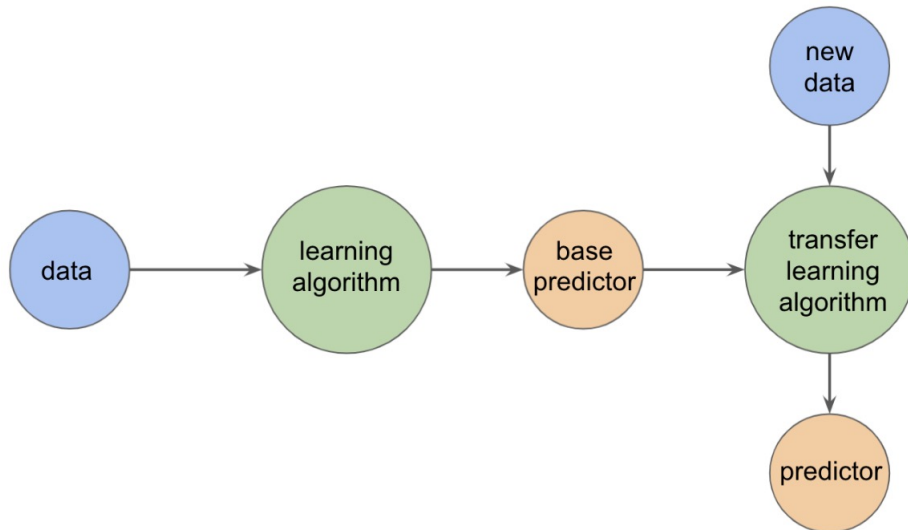
석사과정 김민선

2023-05-19

Preliminaries

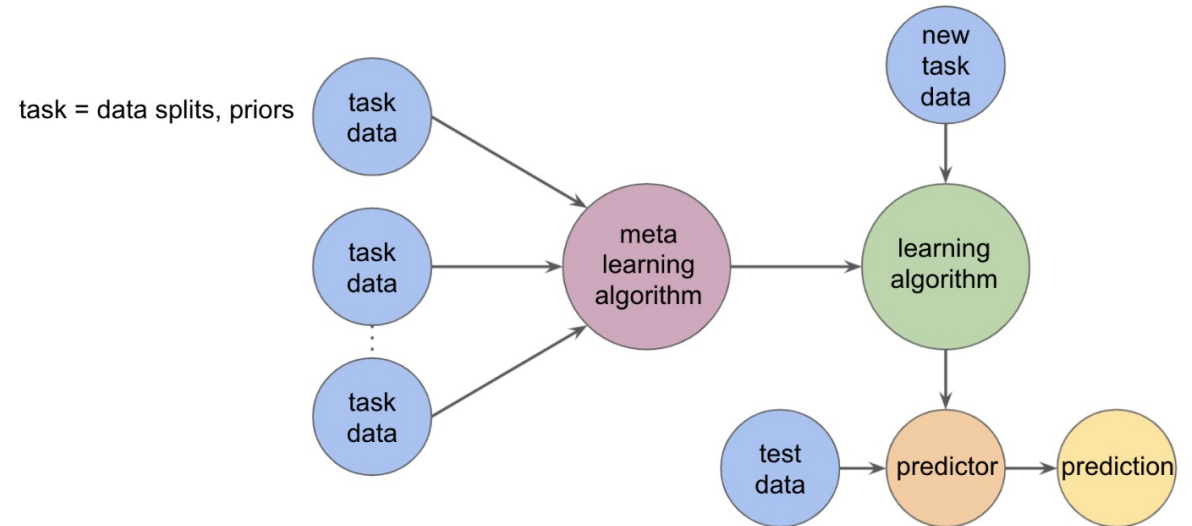
- Transfer Learning

- 1) 주어진 데이터에서 특징 추출
- 2) 추출된 특징을 기반으로 클래스 분류



- Meta Learning

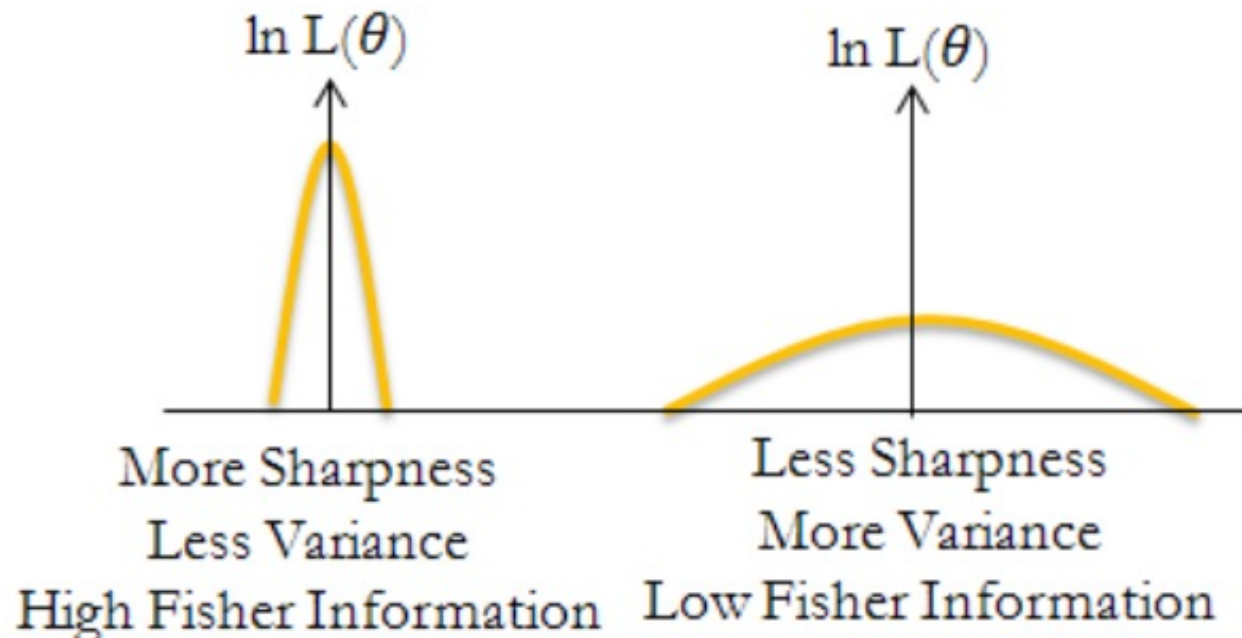
- 1) 모든 작업에 동일한 딥러닝 모델 사용
- 2) 딥러닝을 통해 각 작업 자체가 어떤 것인지를 나타내는 특징 벡터 추출하고, 이 벡터와 1)의 모델을 사용하여 작업을 수행
- 3) 각 작업에서 소수의 데이터로 재학습



FIM (Fisher information matrix)

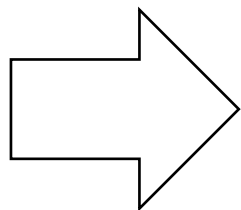
$$\mathbb{E}_{x \sim \hat{p}} KL(p_{w'}(y|x) || p_w(y|x)) = \delta w \cdot F \delta w + o(\delta w^2)$$

$$F = \mathbb{E}_{x, y \sim \hat{p}(x) p_w(y|x)} [\nabla_w \log p_w(y|x) \nabla_w \log p_w(y|x)^T]$$

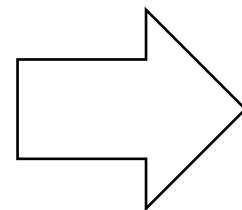


TASK2VEC

사전 학습된
모델에 의해
얻어진 FIM을
계산



FIM의 대각선
성분만을
추출하여
고정 길이의
벡터를 출력

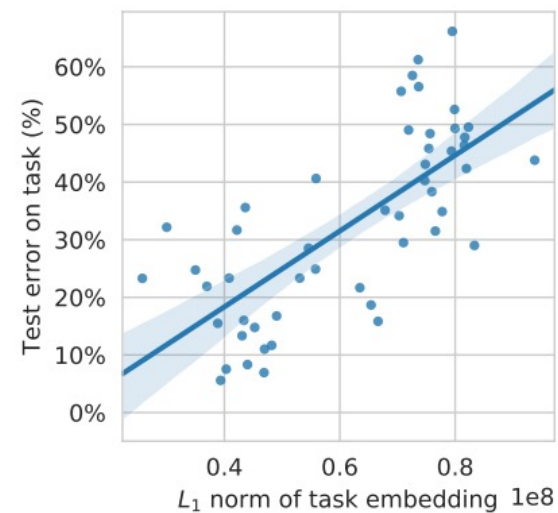
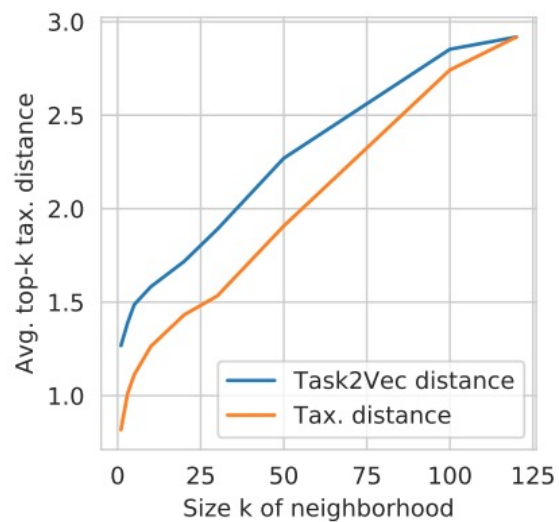
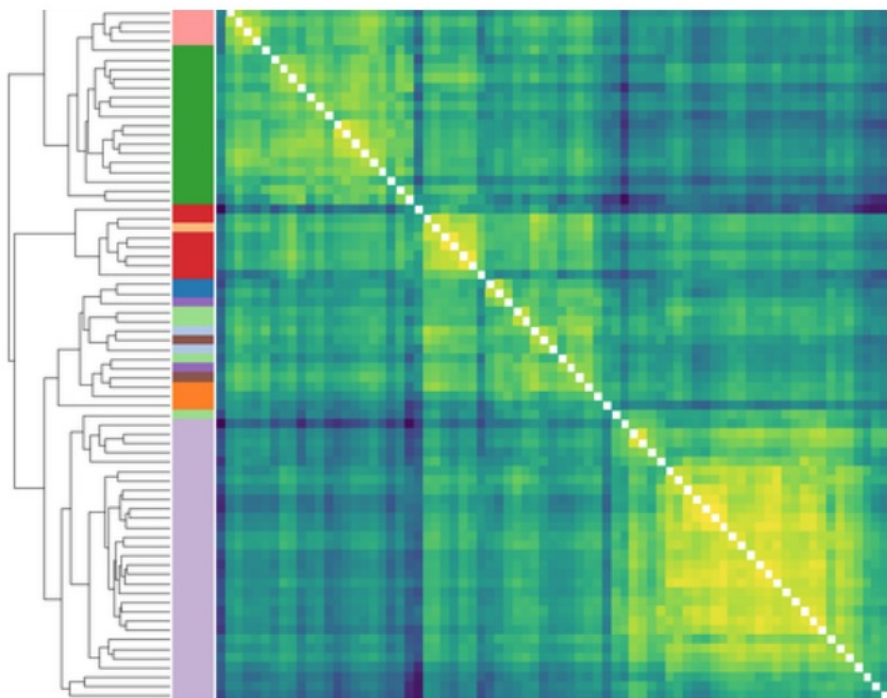


적절한 사전
학습 모델
선택

벡터 간 거리 계산

- Symmetric TASK2VEC distance

$$d_{sym}(F_a, F_b) = d_{cos} \left(\frac{F_a}{F_a + F_b}, \frac{F_b}{F_a + F_b} \right).$$



벡터 간 거리 계산

- Asymmetric TASK2VEC distance

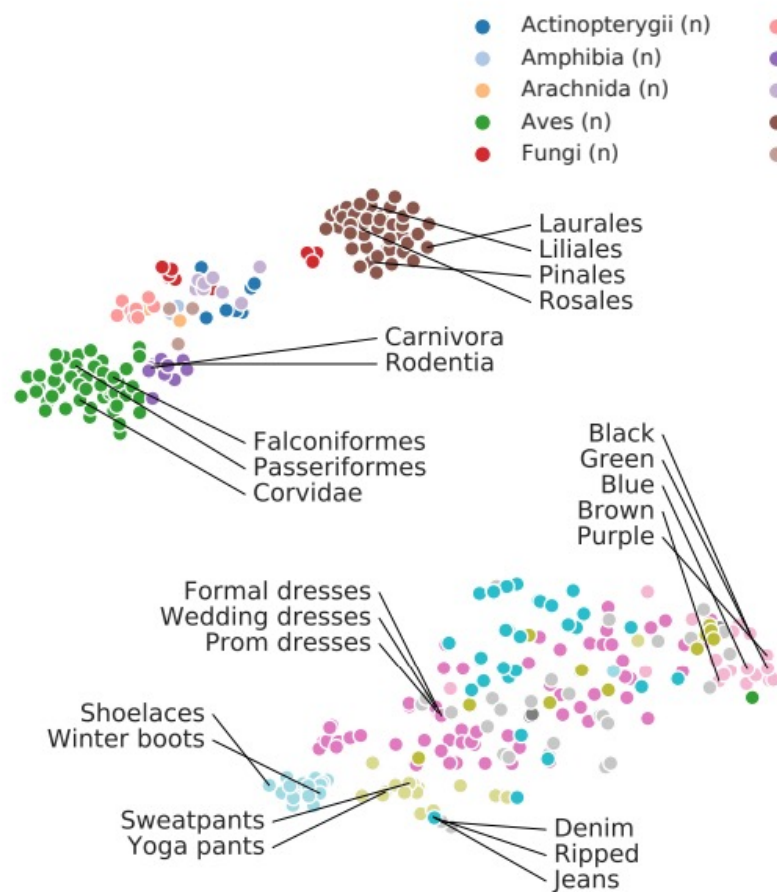
$$d_{asym}(t_a \rightarrow t_b) = d_{sym}(t_a, t_b) - \alpha d_{sym}(t_a, t_0)$$

[CUB] Parulidae	80	38	40	92	45	46	61	43	39	43	19	39	28	25	28	38	33	14	25	36	33	32	44	13	31
[CUB] Limnoidae	39	44	42	92	43	45	46	46	42	47	21	40	38	39	38	45	36	28	32	40	39	39	56	38	35
[CUB] Tyrannidae	35	41	44	80	43	49	44	42	42	48	29	44	38	40	38	40	40	29	37	38	41	37	44	34	39
[CUB] Charadriiformes	44	47	49	89	46	45	46	46	42	47	25	46	45	42	45	42	40	37	41	42	45	32	51	49	36
[IMAT] Accipitriformes	89	70	69	95	69	70	74	77	69	76	39	69	67	65	65	72	69	67	84	71	72	87	75	68	70
[IMAT] Coryophylidae	50	61	57	95	63	68	71	62	58	68	36	68	66	58	58	68	58	58	81	54	54	80	58	58	58
[IMAT] Coleoptera	43	45	45	95	49	51	50	52	45	47	23	39	22	37	39	42	39	37	39	39	42	46	43	43	39
[IMAT] Rodentia	52	58	53	86	54	55	61	58	52	52	41	39	44	47	49	54	50	45	52	48	54	52	51	57	59
[CUB] Pelecaniformes	52	22	38	69	38	24	24	23	17	16	14	22	18	14	20	18	25	18	14	18	18	20	26	34	14
[IMAT] Carnivora	51	55	53	94	57	52	59	62	60	55	49	51	44	54	48	53	53	58	47	54	58	55	57	59	54
[IMAT] Piciformes	83	68	63	96	68	65	71	71	63	64	37	63	52	57	58	64	52	35	67	58	58	69	71	58	57
[IMAT] Fabales	61	65	60	95	65	62	73	64	63	62	35	37	58	59	57	45	57	55	56	60	68	56	57	59	61
[IMAT] Rosales	84	68	69	95	68	68	71	70	66	68	39	48	60	60	63	58	61	60	62	66	61	65	67	62	61
[IMAT] Columbiformes	50	59	61	90	53	49	56	57	50	66	37	55	48	56	53	63	52	46	57	54	57	50	62	55	50
[IMAT] Perciformes	40	49	52	97	58	47	51	58	44	56	38	45	35	47	45	42	40	38	38	44	47	47	47	47	47
[IMAT] Hymenoptera	80	62	64	94	67	62	66	67	61	68	32	61	43	51	53	62	47	54	60	60	64	59	64	57	58
[IMAT] Testudines	64	65	66	89	62	59	66	65	63	63	54	61	57	59	58	62	56	54	58	58	59	65	61	61	54
[IMAT] Hemiptera	43	47	52	86	53	53	60	53	51	48	34	45	27	39	44	43	38	39	40	43	44	50	43	46	46
[IMAT] Sulfuriformes	62	72	63	80	63	70	67	73	65	62	42	63	62	55	58	58	45	44	46	57	53	58	65	53	50
[IMAT] Caudata	54	52	58	89	48	60	61	68	54	58	52	60	52	51	52	54	42	53	50	58	59	55	55	55	52
[IMAT] Male	52	18	13	80	6	9	8	18	10	11	14	13	16	16	14	14	14	13	15	10	15	8	10	11	14
[IMAT] Males	9	8	10	21	9	7	8	7	7	6	5	8	5	9	5	0	5	5	6	5	0	4	8	7	6
[DEEPFASHION] Sleeve	29	31	29	19	43	25	30	27	31	38	40	21	42	47	22	32	32	27	44	46	37	42	38	32	32
[IMAT] Printed	33	22	17	96	24	40	26	27	26	32	30	26	28	26	26	34	29	27	35	35	24	35	36	35	34
[IMAT] From dresses	9	9	12	28	9	10	8	7	7	8	39	12	9	12	9	10	13	5	8	12	6	8	11	17	17
[IMAT] Reversible	17	26	23	30	18	27	17	17	16	14	38	19	22	23	18	17	20	14	20	17	21	17	24	23	25
[IMAT] Ruffled	26	26	34	20	18	24	21	22	19	27	20	19	28	26	14	14	22	17	25	26	21	16	22	23	25
[IMAT] Blouses	18	22	23	27	18	25	24	23	26	33	28	21	28	29	25	28	18	30	21	28	25	18	25	31	31
[IMAT] Slippers	3	4	9	24	5	7	6	6	5	5	3	4	6	4	5	9	3	4	7	4	5	5	4	6	6
[IMAT] Bodycon	30	18	23	44	22	25	26	25	25	26	23	30	32	27	27	39	21	25	27	27	25	20	23	29	34
[IMAT] Bodysuits	28	28	23	49	11	26	20	19	18	18	24	17	28	16	22	9	10	14	20	18	21	15	22	16	23
[IMAT] Velour	9	12	10	36	15	10	19	13	14	13	31	14	17	11	13	15	10	12	15	16	14	11	16	13	17
[IMAT] Winter boots	4	4	4	20	6	7	4	4	2	9	4	7	4	4	4	5	4	6	5	5	4	5	5	5	5
[IMAT] Criss cross	25	22	24	33	18	29	26	11	18	18	35	26	23	15	16	22	16	15	12	16	18	20	13	20	24
[DEEPFASHION] Floral	14	13	14	52	19	24	25	19	30	32	26	26	18	27	18	26	19	19	18	18	21	19	23	30	30
[IMAT] Embroidered	40	15	12	58	48	32	41	34	30	24	33	43	12	30	36	27	43	24	29	25	18	25	25	33	33
[IMAT] Flannel	14	15	15	40	18	7	15	11	6	9	39	13	18	15	14	6	16	11	17	13	18	19	13	14	16
[DEEPFASHION] Knit	22	16	11	80	48	20	11	44	22	23	25	25	13	18	14	14	29	41	32	31	27	31	21	28	35
[DEEPFASHION] Lace	25	34	29	24	16	34	34	35	32	28	36	26	16	14	36	16	18	18	30	21	33	25	22	22	37
[DEEPFASHION] Print	21	19	25	37	18	21	26	18	21	18	39	23	17	32	23	22	21	23	22	21	25	24	19	19	20

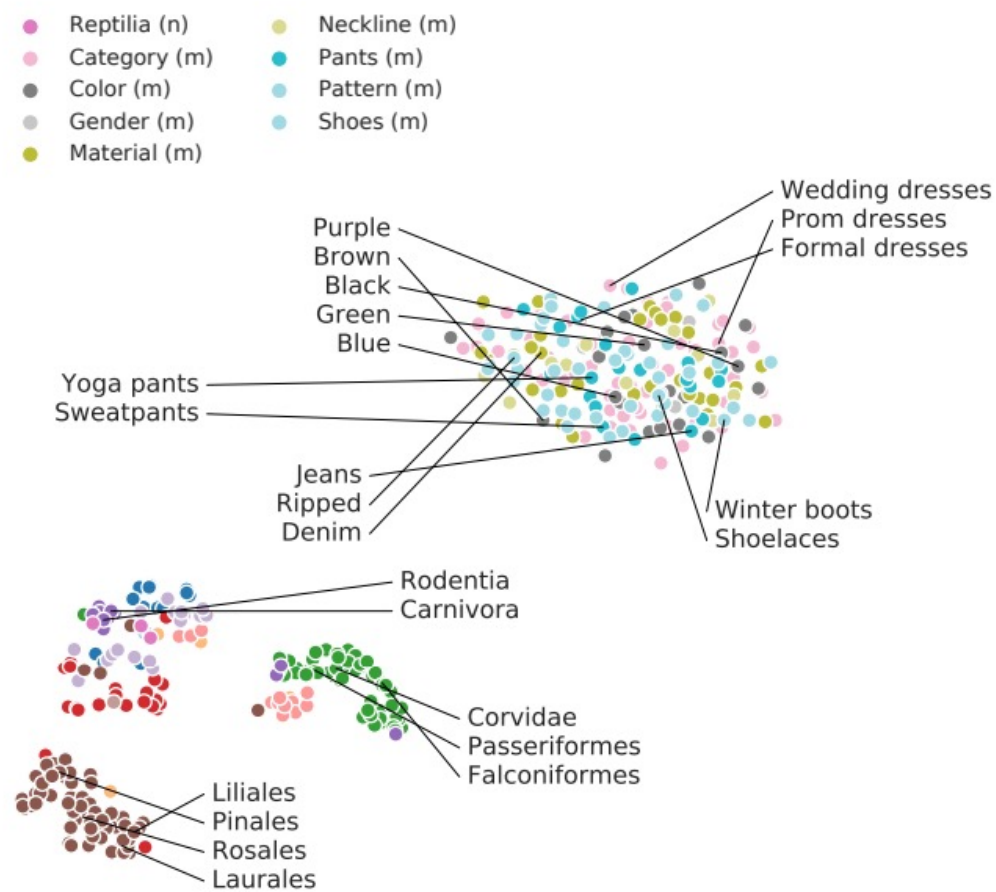
실험 구성 및 데이터

1. iNaturalist: 생물을 촬영한 이미지로 구성된 데이터 세트. 각각의 작업은 종의 분류 작업
2. CUB-200: 새를 촬영한 이미지로 구성된 데이터 세트. 각 작업은 조류의 분류 작업
3. iMaterialist: 패션(복식) 이미지 데이터 세트. 옷의 분류에 관한 작업(색상, 소재 등).
4. DeepFashion: 패션(복식) 이미지 데이터 세트. iMaterialist와 마찬가지로 옷 분류에 관한 작업

실험 결과

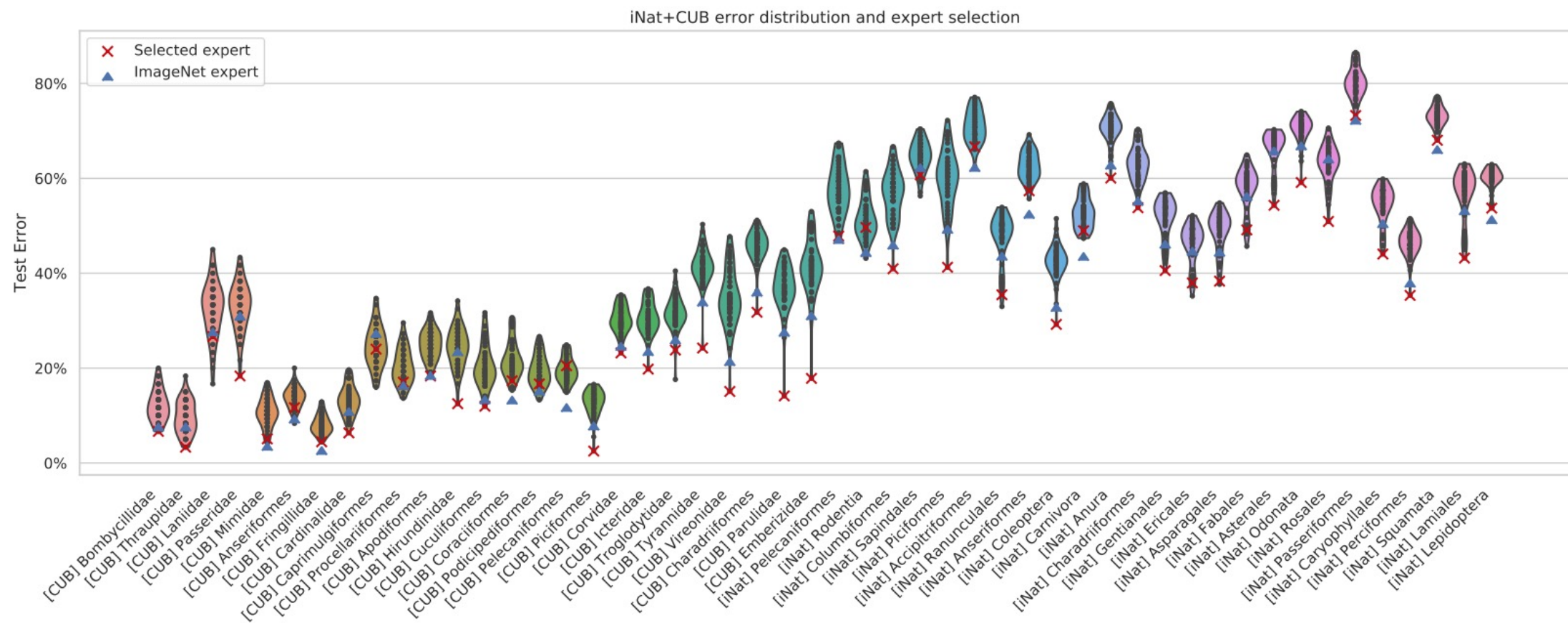


Task Embeddings



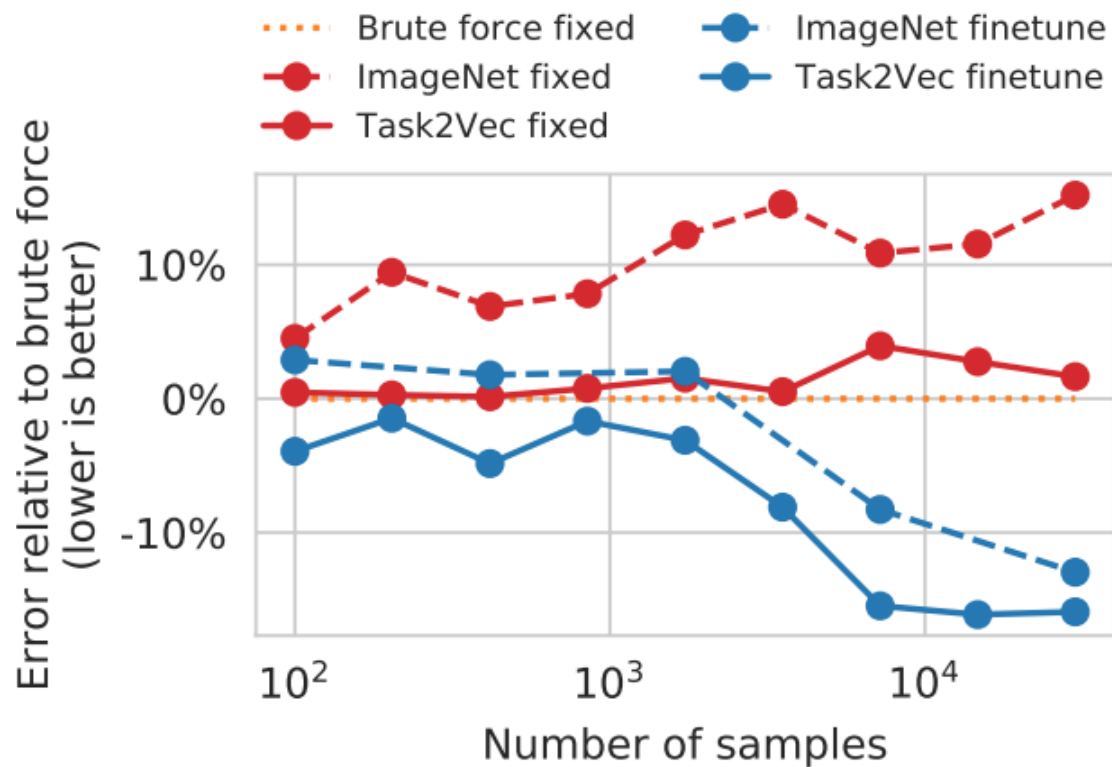
Domain Embeddings

오류 분포



샘플 크기에 대한 의존성

- 주황색 점선: 가장 최적의 모델을 선택한 경우
- 빨간색 실선: TASK2VEC에서 선택한 특징 추출기
- 빨간색 점선: ImageNet으로만 사전 학습시킨 특징 추출기
- 파란색 실선: TASK2VEC에 의해 선택된 특징 추출기를 미세 튜닝한 것
- 파란색 점선: ImageNet만으로 사전 학습시킨 특징 추출기를 Fine Tuned한 것



Meta-task	Optimal	Chance	ImageNet	TASK2VEC	Asymmetric TASK2VEC	MODEL2VEC
iNat + CUB	31.24	+59.52%	+30.18%	+42.54%	+9.97%	+6.81%
Mixed	22.90	+112.49%	+75.73%	+40.30%	+29.23%	+27.81%

결론

- 벡터의 norm은 태스크의 테스트 오류 및 태스크의 복잡성과 상관관계가 있다.
- 임베딩에 의한 벡터 간의 코사인 거리는 작업의 자연 거리(예: 종 간의 분류학적 거리, 전이 학습의 미세 조정 거리)와 상관관계가 있다

TASK2VEC에 기반한 모델 선택 알고리즘은 학습없이 최적 (또는 최적에 가까운) 모델을 제안하기 때문에 brute force로 최적의 학습된 모델을 찾을 필요가 없다